www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

4e JAARGANG NUMMER 4 APRIL 1939

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

DE VERLICHTING EN BEBAKENING VAN VLIEGVELDEN

door G. L. van HEEL.

628.971.8 : 656.71

Na een uiteenzetting over de zichtbaarheid van verschillend gekleurde lichtbronnen en hun gebruik voor de bebakening van vliegvelden, wordt behandeld, hoe de verlichting van hindernissen, van de grenzen van het vliegveld en van de landingsvlakte kan geschieden. Tenslotte wordt nog in het bijzonder nagegaan, welke voorzieningen aangebracht dienen te worden voor het landen in de mist: aanlooplichten, drempellichten en lichtknoppen in de landingsbaan.

Inleiding

Hoewel de vliegveldverlichting zich nog in het begin van haar ontwikkeling bevindt, kan men door gebruik te maken van de moderne gasontladingslampen toch reeds vele problemen, die in verband staan met een goede bebakening en verlichting van een vliegveld, tot een bevredigende oplossing brengen. Daar bij het toepassen van verschillend gekleurde lichtbronnen voor de bebakening van een vliegveld de vraag zal optreden, in hoeverre de hierbij gebruikte kleuren met elkaar of met andere kleuren kunnen worden verward, bij helder weer dan wel bij meer of minder dichte mist, willen wij beginnen met een korte bespreking betreffende de zichtbaarheid van verschillend gekleurde lichtbronnen onder verschillende weersomstandigheden en hun daaruit voortvloeiende toepassingsmogelijkheden. Hierna zal achtereenvolgens worden behandeld, hoe men kan voldoen aan de eisch, dat de vliegtuigbestuurder voor het uitvoeren van een veilige en vlotte nachtlanding zich moet kunnen oriënteeren omtrent de positie, hoogte en stand van zijn toestel. Bij goed zicht is het wenschelijk en mogelijk hem hiertoe het volgende goed zichtbaar te maken:

a) de vorm en de grenzen van het voor landen geschikte gedeelte van het vliegveld (omrandingslichten);
b) de hindernissen in de naaste omgeving van het vliegveld (hindernislichten);
c) de windrichting;
d) het oppervlak van het gedeelte van het vliegveld, waarop geland moet worden, teneinde inderdaad de landing te kunnen uitvoeren (verlichting van de landingsvlakte).

Tenslotte zullen de voorzieningen worden behandeld voor het landen met slecht zicht.

Zichtbaarheid en gebruik van verschillend gekleurde lichtbronnen

Bij de keuze der verschillende kleuren, waarvan men bij de vliegveldverlichting gebruik zal maken, dient er in de allereerste plaats voor te worden gezorgd, dat het onmogelijk is, de gekozen kleuren onderling te verwarren, terwijl zij bij mistig weer voor den waarnemer op eenige afstand ook niet te zeer veranderd mogen schijnen.

De door de I.C.I. (International Commission on Illumination) in 1935 voorgestelde en later door de C.A.I. (Conférence Aéronautique Internationale) voorgeschreven kleuren voor vliegveldverlichting zijn als volgt in de kleurendriehoek (*fig. 1*) vastgelegd [1]). Als rood mag men een kleur gebruiken uit een langgerekt gebied gelegen langs het spectrale rood met een domineerende golflengte van minstens 6100 Å, hetgeen overeenkomt met een begrenzing in hoogte volgens de voorwaarde: $y \leqslant 0{,}335$. De breedte is gebonden aan de beperking: $z \leqslant 0{,}002$, waardoor een verzadiging van minstens 99% wordt verzekerd. Het neonlicht heeft in de kleurendriehoek de coördinaten $y = 0{,}325$ en $z = 0{,}0003$ en voldoet dus aan de voorwaarden voor het „luchtvaartrood". Als „luchtvaartgeel" is een breedere rechthoek in de kleurendriehoek vastgelegd, die begrensd wordt door de volgende voorwaarden: $z \leqslant 0{,}007$ en $0{,}402 \leqslant y \leqslant 0{,}46$, waarmee men heeft verkregen, dat de golflengte

[1]) Vgl.: Philips techn. T. **2**, 39, 1937.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

gelegen is tusschen 5840 en 5940 Å, terwijl de verzadiging minstens 97% bedraagt. Het gele natriumlicht heeft de coördinaten $y = 0{,}428$ en $z = 0{,}0007$ en valt dus midden in deze rechthoek. Voor het „luchtvaartgroen" wordt een groot gebied toegestaan in de rechterbovenhoek van de kleurendriehoek, dat aan de onderzijde wordt begrensd door de rechten:

$$z = 0{,}610 - 0{,}829\,y$$
$$z = 1{,}170 - 2\,y$$
$$0{,}24\,z = 0{,}76\,y - 0{,}173$$

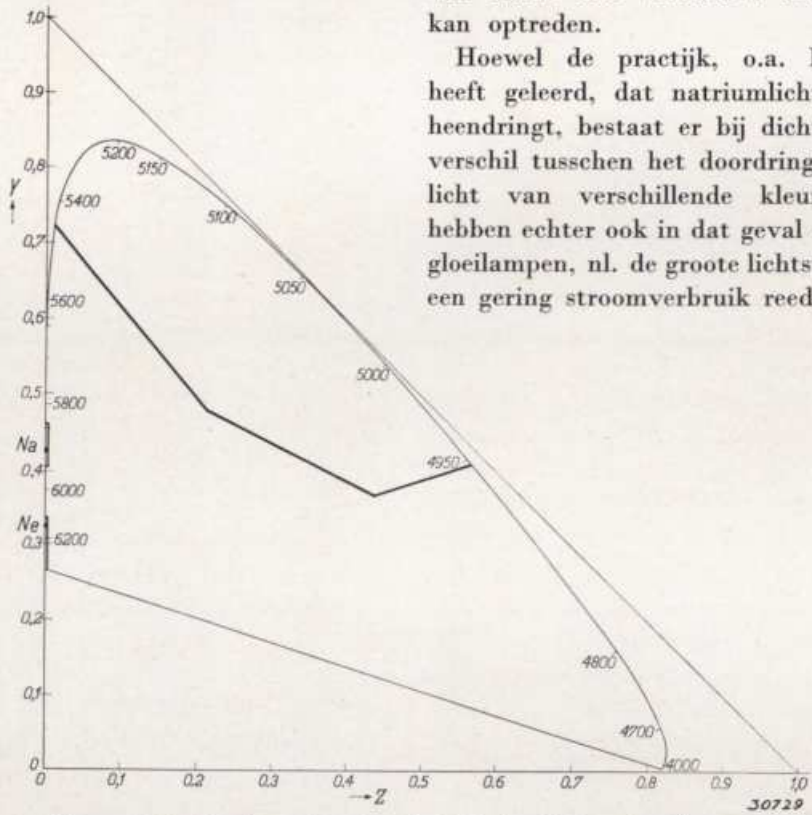


Fig. 1. Kleurendriehoek volgens het door de I.C.I. in 1931 aanbevolen systeem (vgl. Philips techn. T. **2**, 45, 1937: fig. 4, waarin y en z resp. met t_2 en t_3 werden aangegeven). De spectrale kleuren liggen op de getrokken kromme; hun golflengten zijn er bij geschreven. De geteekende gebieden stellen de voor luchtvaartlichten voorgeschreven kleurgebieden voor rood, geel en groen voor. *Ne* en *Na* duiden resp. het kleurpunt van het roode neon- en gele natriumlicht aan.

De ervaringen, die men sinds 1935 in de practijk met de aldus vastgestelde kleuren bij de vliegveldverlichting heeft opgedaan, geven voorloopig geen aanleiding om deze kleuren te wijzigen. Het is duidelijk, dat de grenzen van deze kleuren in de kleurendriehoek wel dusdanig ver van elkaar verwijderd zijn, dat men lichtbronnen, die deze drie kleuren uitzenden, bij helder weer niet met elkaar kan verwarren. Het zou echter nog de vraag kunnen zijn, of bij nevel of dichte mist de kleur, die men op grootere afstand waarneemt, niet zoo sterk kan zijn veranderd, dat men zich onder zulke omstandigheden toch zou kunnen vergissen in de kleur. Het verloopen van de kleur in mist en nevel kan veroorzaakt worden door selectieve absorptie, of doordat de intensiteit zoo laag wordt, dat het kleurlooze staafjeszien mede een rol gaat spelen (Purkinje-effect). Rood blijft men dan het gemakkelijkst als kleur herkennen, terwijl blauw en groen reeds spoedig niet meer zijn te onderscheiden. Het is een groot voordeel van de natriumlampen, dat zij een practisch monochromatisch geel licht uitzenden, dat ook bij lage intensiteit zijn kleur goed behoudt, terwijl een verandering van kleur door selectieve absorptie onmogelijk kan optreden.

Hoewel de practijk, o.a. bij wegverlichting, heeft geleerd, dat natriumlicht goed door nevel heendringt, bestaat er bij dichte mist geen groot verschil tusschen het doordringingsvermogen voor licht van verschillende kleur. Natriumlampen hebben echter ook in dat geval een voordeel boven gloeilampen, nl. de groote lichtsterkte, die men met een gering stroomverbruik reeds verkrijgt.

In het bijzonder voor de lichten, waarmee men het vliegveld en zijn omgeving wil bebakenen, dient men kleuren te gebruiken, die zoo opvallend mogelijk zijn. Het rood staat in dit opzicht voorraan, zoodat het eigenlijk vanzelfsprekend is die kleur steeds te gebruiken voor het aanduiden van gevaar. In aansluiting aan het reeds sinds lang algemeene gebruik zijn dan ook door de C.A.I. ter aanduiding van obstakels roode puntvormige lichtbronnen voorgeschreven. Door deze laatste toevoeging is de mogelijkheid open gelaten om het gebruik van roode lijnvormige lichtbronnen toe te staan voor de omrandingslichten van een vlieg-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

veld, aangezien dit in Duitschland reeds gangbaar was. Voor deze omrandingslichten is nu de gele kleur internationaal voorgeschreven, met dien verstande, dat ook roode lijnvormige lichten en onder bijzondere omstandigheden witte flikkerlichten toegepast mogen worden. In aansluiting met de o.a. bij het seinwezen geldende gewoonte wordt verder groen aanbevolen ter aanduiding van plaatsen, waar bepaalde manoeuvres veilig kunnen worden uitgevoerd. Met deze kleur kan men dus bijv. aanwijzingen geven, waar men het beste het vliegveld kan inzweven.

Omrandingslichten

De hoofdtaak van de omrandingslichten bestaat hierin, dat zij den piloot op gemakkelijk te herkennen wijze de veilige grenzen van het vliegveld moeten aangeven. Het is daartoe noodzakelijk, dat men de omrandingslichten nooit kan verwarren met een der andere op of nabij het vliegveld aanwezige lichtbronnen. Daarom moeten bij voorkeur geen witte omrandingslichten gebruikt worden. Voor streken, waar men niet gemakkelijk over electrische stroom kan beschikken en dus bijv. graag met acetyleen-flikkerlichten wil werken, ligt een witte grensverlichting wellicht voor de hand, hoewel men hierbij moet waken tegen verblinding.

De in Duitschland gebruikelijke grensverlichting met roode lijnvormige neonlampen garandeert bij zware mist natuurlijk niet zóó volkomen de onmogelijkheid van verwarring met roode puntvormige obstakellichten, als dit het geval is met gele grensverlichting.

Brengt men een gele grensverlichting aan, dan biedt het vele voordeelen hiervoor eenvoudig natriumlampen, bijv. „Philora" type SO 250, te gebruiken en geen witte lichtbronnen voorzien van een geel filter. Men heeft dan bij een even groot stroomverbruik ongeveer 10 maal zooveel licht als bij gloeilampen met een geel filter en is, wat de kleur betreft, niet afhankelijk van de nauwkeurigheid, waarmee de filters worden gefabriceerd.

De kleur van het monochromatische licht der natriumlampen kan, zooals wij reeds zagen, bij mistig weer niet door selectieve absorptie verloopen. Bovendien heeft het gele natriumlicht, mede tengevolge van de lage helderheid der lichtbronnen, op het witte licht van gloeilampen vóór, dat het slechts weinig aanleiding tot verblinding geeft.

De omrandingslichten moeten, zoo mogelijk, tevens dienen als hulp bij het schatten van de hoogte, waarop het vliegtuig zich bevindt, en van de afmetingen van het terrein. Met andere woorden, zij moeten den piloot door middel van perspectief een idee geven van zijn positie boven het vliegveld en hem tevens de gelegenheid bieden door aftelling de grootte van het terrein direct te overzien. Daartoe is internationaal voorgeschreven de omrandingslichten langs de grens van het vliegveld op een onderlinge afstand van 100 m te plaatsen.

Hindernislichten

Het is niet moeilijk er voor te zorgen, dat alle hindernissen rondom de landingsvlakte met puntvormige roode lichtbronnen op zoodanige wijze zijn aangegeven, dat zij direct als obstakels worden herkend door den piloot. Welke voorwerpen men als hindernissen moet beschouwen, wordt bepaald door de hoogte van het voorwerp in verhouding tot zijn kortste afstand tot de rand van de landingsvlakte. Verder verdient het in het algemeen aanbeveling de gebouwen in de onmiddellijke omgeving van het vliegveld door een eenvoudige gevelverlichting zichtbaar te maken. Daardoor krijgt het geheel meer diepte en wordt het den piloot gemakkelijker zijn hoogte te schatten.

Aangeven van de windrichting

Voor het uitvoeren van een daling onder normale weersomstandigheden is het van groot belang, dat de piloot de juiste richting kent van de wind, die op het vliegveld heerscht. Deze wordt aangegeven door een T-vormige windrichtingaanwijzer en het is dus noodig, dat die goed verlicht kan worden. Bij de in *fig. 2* afgebeelde eenvoudige constructie

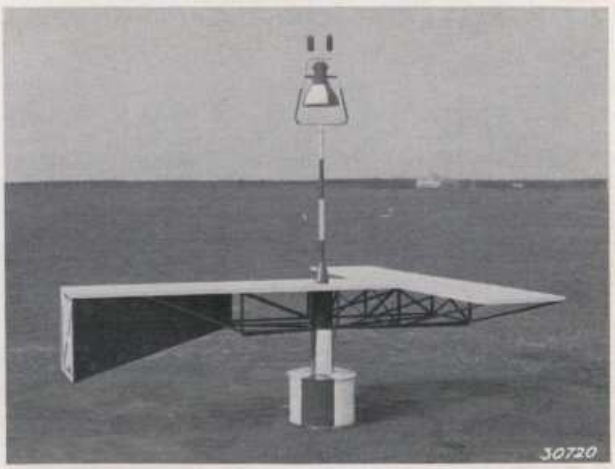


Fig. 2. Windrichtingaanwijzer voorzien van verlichting.

kan de wit geschilderde bovenkant van de T met een kwiklamp helder worden verlicht. Tegen de donkere ondergrond levert de heldere T een goed contrast, dat nog wordt vergroot door de T-vormige slagschaduw, die de windrichtingaanwijzer op de grond werpt (*fig. 3*).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

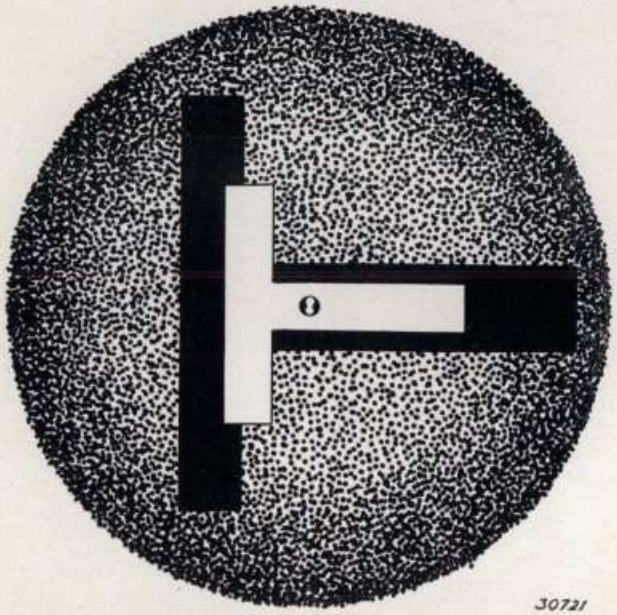


Fig. 3. Het verlichte witte bovenvlak van de T contrasteert speciaal scherp met zijn eigen slagschaduw.

Verlichting van de landingsvlakte

De superhoogedruk kwikontlading heeft eenige eigenschappen, die haar buitengewoon geschikt maken om te worden gebruikt voor het verlichten van de landingsvlakte. In de eerste plaats is de ontladingszuil lang en dun, zoodat een dergelijke lamp zeer geschikt is om in de brandlijn van een parabolisch cylindrische reflector te worden aangebracht teneinde een waaiervormige lichtbundel te verkrijgen, die een groote horizontale en een kleine verticale spreiding heeft. Verder hebben deze lampen een groote helderheid en een hoog rendement, terwijl de spectrale samenstelling van het licht, dat zij uitzenden, zooals wij verderop zullen zien, zeer gunstig is.

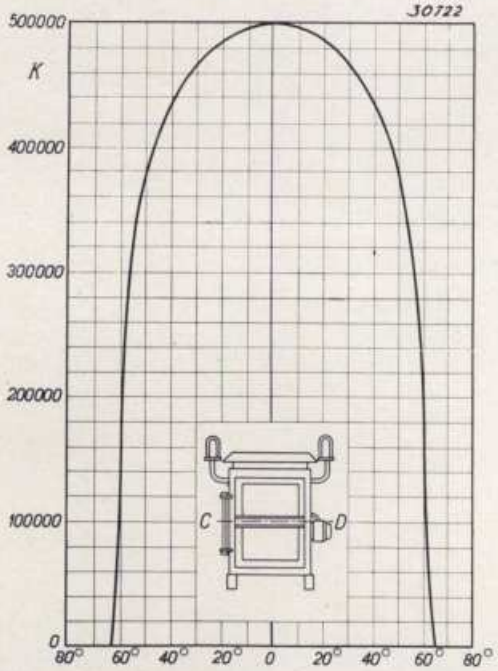


Fig. 4. Horizontale lichtverdeelingskromme (in kaarsen) van een landingslicht met ongeveer 120° horizontale spreiding van de lichtbundel.

Het door Philips geconstrueerde landingslicht, dat reeds op eenige Nederlandsche vliegvelden is geïnstalleerd, bestaat uit twee kwiklampen van 1000 W, wier 25 cm lange ontladingszuilen in twee boven elkaar gelegen parabolisch cylindrische spiegels zijn gemonteerd. Zooals blijkt uit de horizontale lichtverdeelingskromme (*fig. 4*) is de horizontale spreiding van de bundel ongeveer 120°, zoodat een groote oppervlakte van het vliegveld door een dergelijk landingslicht wordt bestreken. Door de kleine diameter van de ontlading was het mogelijk de verticale spreiding tot enkele graden te beperken, zooals in de verticale lichtverdeelingskrommen van *fig. 5* duidelijk is te zien.

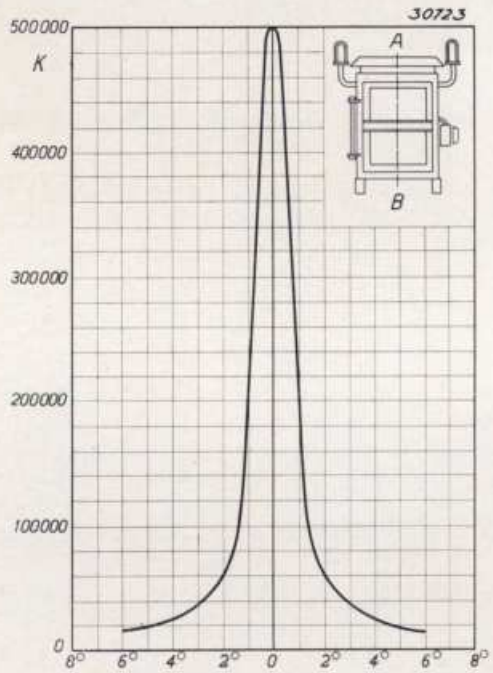


Fig. 5. Verticale lichtverdeelingskromme (in kaarsen) van een landingslicht met slechts ongeveer 2° verticale spreiding van de lichtbundel.

Per kwiklamp is de lichtstroom 40 000 lumen, terwijl de maximale helderheid 1400 k/cm² bedraagt. Houdt men rekening met de verliezen door de voorruit van de reflector, dan is de maximale lichtsterkte der spiegel 250 000 k. Door de spiegels in te stellen is het dus mogelijk in totaal een lichtsterkte van 500 000 K te verkrijgen, zooals ook in fig. 4 en 5 is aangegeven.

Men kan een dergelijk landingslicht op een eenvoudige ijzeren constructie met een hoogte van eenige meters aan de rand van een vliegveld plaatsen, zooals in *fig. 6* is afgebeeld. Rijdt het vliegtuig na het landen over het vliegveld naar het

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

stationsgebouw of de vliegtuigloods, dan zou de piloot verblind kunnen worden door de scherend over het veld schijnende bundel van het landingslicht, zoodat dit dan gedoofd dient te worden. Schakelt men deze kwiklampen van 1000 W uit en direct daarna weer in, dan zijn zij eerst na enkele minuten voldoende afgekoeld om opnieuw te kunnen ontsteken en het duurt dan nog weer eenige minuten, alvorens zij op volle lichtsterkte zijn gekomen. Het zal duidelijk zijn, dat dientengevolge dit type lampen speciaal in aanmerking komt voor kleinere vliegvelden, welke slechts worden aangedaan door enkele verkeersmachines, omtrent wier komst men reeds tevoren door de radio precies op de hoogte is. Met het oog op het veel drukkere verkeer stellen grootere vliegvelden veelal de eisch, dat de landingslichten snel aan- en uitgeschakeld kunnen worden. Daartoe bestaat echter de mogelijkheid door dit soort landingslichten te voorzien van kleppen, die men op afstand kan bedienen, waardoor het overbodig wordt de lampen zelf in en uit te schakelen. Men is dan bovendien in staat op verzoek van den piloot, die gaat landen, onmiddellijk meer of minder lichten bij te schakelen.

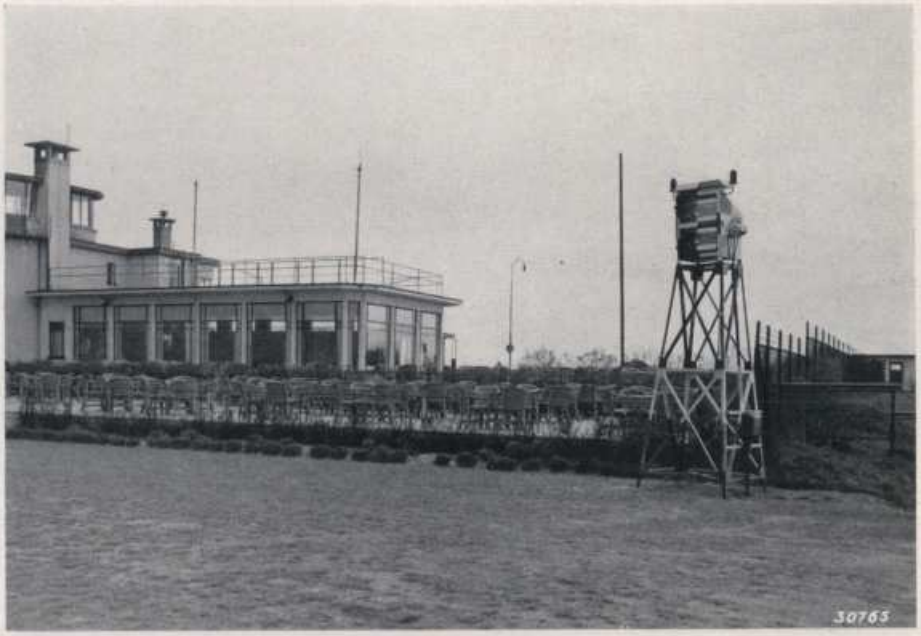


Fig. 6. Op een eenvoudige ijzeren constructie gemonteerd landingslicht, bestaande uit twee boven elkaar in parabolisch cylindrische spiegels geplaatste superhoogedruk kwiklampen.

Men beoordeelt gewoonlijk het met de landingslichten verkregen resultaat door op verschillende plaatsen over het geheele terrein de verlichtingssterkte te meten op 10 cm boven de grond in vlakken loodrecht op de invallende stralen. In *fig.* 7 zijn krommen op het vliegveld geteekend, die punten met gelijke verlichtingssterkte, bij verlichting met één kwiklamp van 1000 W, onderling verbinden (iso-lux-krommen). Hieruit blijkt, dat men met een landingslicht, dat twee van deze kwiklampen bevat, niet minstens 2 lux verkrijgt over een oppervlak van 600 bij 300 m, zooals in de internationale aanbevelingen wordt voorgesteld. Toch blijkt dit landingslicht in de praktijk goed te voldoen, hetgeen hoofdzakelijk zijn oorzaak vindt in de spectrale samenstelling van het kwiklicht. Deze is buitengewoon gunstig voor het verlichten van een groen grasveld! Het licht der kwiklampen bestaat nl.

voor 33% uit de gele lijn van 5770 - 5790 Å,
voor 53% uit de groene lijn van 5461 Å,
voor 1% uit de blauwe en violette lijnen van 4358 Å en 4047 - 4078 Å en
voor 13% uit de continue ondergrond van het spectrum.

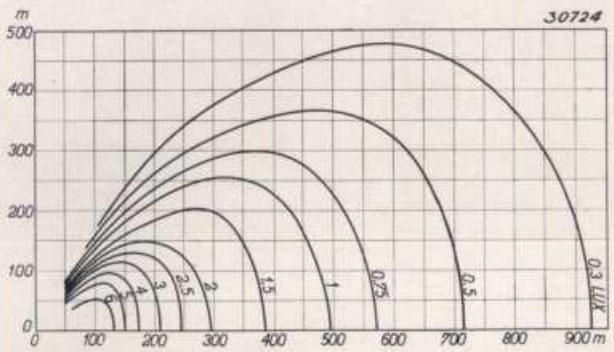


Fig. 7. Krommen, die punten op het vliegveld met elkaar verbinden, die even sterk door één kwiklamp van 1000 W worden verlicht (iso-lux-krommen).

Door zijn hoog gehalte aan groen is het kwiklicht bij uitstek geschikt een groene grasmat te ver-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

lichten. Zooals reeds in dit tijdschrift [2]) werd behandeld, is bovendien voor kwiklicht de gezichtsscherpte grooter dan voor de andere technische lichtsoorten. Het is hierdoor dus mogelijk met kwiklicht de kleine oneffenheden op het terrein beter waar te nemen, zoodat men gedurende het landen de hoogte, waarop men zich bevindt, met meer zekerheid kan schatten.

Er zijn op het vliegveld Schiphol proeven genomen met drie watergekoelde superhoogedruk kwiklampen, die elk een vermogen hebben van 2000 W (*fig. 8*). Deze lampen komen reeds onmiddellijk bij het inschakelen op volle sterkte, zoodat hierbij geen voorzieningen voor het tijdelijk afdekken der landingslichten behoeven te worden aangebracht. De ontladingszuil is hier 5 cm lang en wordt ook weer geplaatst in de brandlijn van een parabolische cylinderspiegel. Per lamp is de lichtstroom 120 000 lumen en de maximale helderheid bedraagt 33 000 k/cm², terwijl de maximale lichtsterkte één millioen kaars per spiegel is. Daar ervoor is gezorgd, dat de spiegels nauwkeurig kunnen worden ingesteld, kan men met deze drie kwiklampen, boven elkaar geplaatst, in totaal een lichtsterkte van drie millioen kaars bereiken. De horizontale spreiding is, evenals bij de in het voorafgaande beschreven kwiklampen van 1000 W, ongeveer 120°, terwijl de verticale spreiding nog minder is, dan in fig. 5 werd aangegeven.

Fig. 8. Watergekoelde superhoogedruk kwiklamp met een vermogen van 2 kW, die een lichtstroom van 120 000 lumen levert.

Het landen met slecht zicht

In eenige artikelen is reeds in dit tijdschrift de groote beteekenis tot uitdrukking gebracht, die de radio toekomt voor de koersbepaling [3]) en het landen [4]) van vliegtuigen onder ongunstige omstandigheden. Was de radio in den beginne een ondersteuning van hetgeen met lichtbebakening bereikt kan worden, thans moet men bij het landen met slecht zicht de verlichting eerder beschouwen als een completeering van de radio-bebakening. Door de ontwikkeling der radiobakens en -peilstations kan men tegenwoordig heel goed een gewenschte koers vliegen, zonder dat men iets ziet van het aardoppervlak. De eischen aan routelichten te stellen zouden hierdoor dus kunnen worden verlaagd. Anders is het echter bij het landen op het radiobaken, waarnaast men, teneinde goed neer te komen op het veld, zeker nog een doelmatige hulpverlichting noodig heeft. Het ligt voor de hand, dat men uit geldelijke overwegingen zal trachten deze hulpverlichting zoodanig te maken, dat zij zoowel overdag als 's nachts het landen in de mist mogelijk maakt.

Wat de zichtbaarheid betreft van verschillend gekleurde lichtbronnen bij nevelig weer of mist overdag, heeft L. Bloch [5]) in overleg met de Directie der Duitsche Spoorwegen metingen in de practijk verricht. De dichtheid van de nevel karakteriseert hij door het „zicht" S, dit is de afstand, waarop tijdens zijn proeven vlaggenstokken en telefoonpalen (dichtbij) en fabrieksschoorsteenen en kerktorens (veraf) nog juist waren te zien. Hij heeft gewerkt bij nevels met een „zicht" van 200 tot 1400 m, waarbij de bepalingen van het „zicht" op ongeveer 50 m nauwkeurig bleken te zijn. Tusschen de lichtsterkte I in kaarsen, het „zicht" S in meters en de afstand a in meters, waarop de verschillende gekleurde lichtbronnen nog juist waren te zien, vond Bloch het volgende experimenteele verband:

$$I = c\,\frac{a^4}{S^{8/3}}\,10^{-4}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

waarin de constante c afhangt van de kleur. Voor rood licht bedraagt zij 540, terwijl zij voor wit, geel en groen licht 1080 is. Dit beteekent, dat een licht van een andere kleur tweemaal zoo sterk moet zijn als een rood licht om even ver door eenzelfde nevel te worden gezien. Hoewel de lichtsterkte met een witte lichtbron gemakkelijker is op te voeren dan met een roode, is het toch niet aan te raden de oplossing in deze richting te zoeken, daar wit licht voor avondlandingen te veel kans op verblinding zou geven. Willen wij, zooals reeds werd opgemerkt, volstaan met éénzelfde hulpverlichting voor mistlandingen overdag en 's nachts, dan is hiervoor dus rood de aangewezen kleur. Door een geschikte vormgeving dezer hulplichten zal men dan moeten trachten verwarring met de puntvormige hindernislichten en in het bijzonder met eventueel roode omrandingslichten te voorkomen. Gebruikt men gele omrandingslichten, dan kan men zonder gevaar roode lijnvormige lichtbronnen voor deze hulplichten gebruiken.

[2]) Philips techn. T. **1**, 215, 1936.
[3]) Philips techn. T. **2**, 184, 1937.
[4]) Philips techn. T. **2**, 370, 1937.
[5]) L. Bloch: Organ Fortschr. Eisenbahnw. **68**, 99, 1931.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

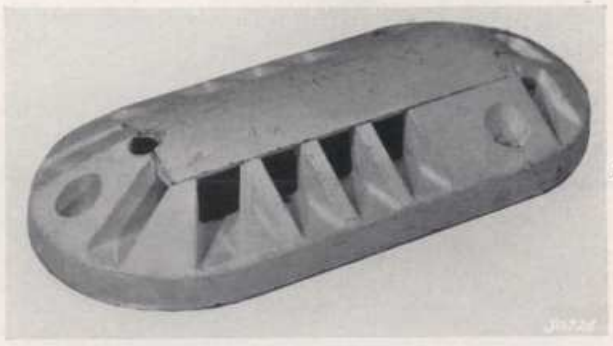
www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Het is aan te bevelen in de door het radiobaken gemarkeerde landingslijn op een afstand van ongeveer 500 m vóór de grens van het vliegveld een sterk aanlooplicht te plaatsen. Proefnemingen worden op het oogenblik verricht, of het gewenscht is de afstand van dit licht tot het landingsterrein te overbruggen door eenige (bijv. op 100 m onderlinge afstand geplaatste) lichten van hetzelfde type of door een grooter aantal zwakkere aanlooplichten. Op de plaats, waar de aldus gemarkeerde inzweefbaan de grens van het terrein snijdt, heeft het nut speciale omrandingslichten aan te brengen, zg. drempellichten, die niet hooger boven den grond mogen uitsteken dan de omrandingslichten. Het aanduiden van de door het radiobaken gemarkeerde strook op het landingsterrein (landingsbaan) kan bij mistig weer alleen geschieden met behulp van in den grond verzonken lichtknoppen en niet door de landingslichten, daar deze geen ander effect zouden hebben dan de nevel tot een hinderlijk lichtende witte massa te maken.

Bij gebruik van gele omrandingslichten ligt het, zooals wij reeds betoogden, voor de hand voor de aanlooplichten roode lichtbronnen te kiezen en daarvoor dan neonlampen te gebruiken. Met succes werd een laagspanningsneonlamp van 475 W, 1 m lang en met een diameter van 4 cm als aanlooplicht gebruikt in een parabolisch cylindrische spiegel met een opening van 60 cm. De lichtbundel had een horizontale spreiding van ongeveer 120° en een verticale spreiding van ongeveer 10°. De maximale lichtsterkte is 8 000 kaars. Bij mist overdag met een „zicht" van 200 m is dit aanlooplicht volgens formule (1) tot op een afstand van 670 m te zien. Plaatst men twee of drie van dergelijke neonlampen naast elkaar in de baan van het radiobaken op ongeveer 500 m vóór de grens van het vliegveld en laat men hun maximale lichtsterkte een passende hoek (bijv. 15°) met de horizon maken, dan heeft men een geschikt aanlooplicht verkregen.

Voor de lichten, die tusschen dit aanlooplicht en de grens van het vliegveld op regelmatige onderlinge afstanden moeten worden aangebracht zou men geschikt gebruik kunnen maken van hoogspanningsneonlichten, die 2 m lang zijn en een diameter van 1,4 cm hebben. Deze lamp neemt een vermogen op van 110 W en kan, geplaatst in een parabolisch cylindrische spiegel met een opening van 15 cm, een maximale lichtsterkte van ongeveer 1200 kaars leveren. Bij een „zicht" van 200 m kan men dit licht volgens formule (1) tot op een afstand van 420 m zien.

Daar het bij zeer slecht zicht noch met behulp van de omrandingslichten, noch met de landingslichten mogelijk is het geheele vliegveld duidelijk waarneembaar te maken voor den piloot, zal men er zich toe moeten beperken de landingsbaan zelf duidelijk te accentueeren. Zooals gezegd, kan dit geschieden met in den grond verzonken lichtbronnen; zou men hiervoor echter lichtknoppen gebruiken, die geheel in den grond verzonken zijn, dan zouden de lichtbundels voornamelijk naar boven schijnen en zou de landende piloot uitsluitend het licht zien, dat door de mist in horizontale richting wordt verstrooid. Daar het vliegtuig zeer laag over den grond vliegt alvorens te landen, is het derhalve gewenscht, de lichtbundels uit de lichtknoppen te laten treden in richtingen, die hoogstens een hoek van 20° met de horizon maken. Daartoe moeten de lichtknoppen, die men om de 25 m in twee rijen langs de randen van de landingsbaan aanbrengt, iets boven den grond uitsteken, maar dit blijkt in het geheel geen bezwaar voor de er eventueel overheen rijdende vliegtuigen.



a

b

Fig. 9. Lichtknop in gesloten (*a*) resp. geopende (*b*) stand, waarin een „Philora" natriumlamp SO 400 kan worden gemonteerd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

In *fig. 9* ziet men een dergelijke lichtknop in gesloten (*a*) resp. geopende stand (*b*), die ontwikkeld werd voor de „Philora" natriumlamp SO 400. Hiermee zijn wij nu vanzelf gekomen tot de vraag, welke kleur men voor deze verzonken lichtbronnen het beste kan kiezen. De meeningen der betrokkenen loopen hieromtrent nl. nog zeer uiteen.

Eénerzijds zouden vele luchtvaartautoriteiten hiervoor graag gele natriumlichten ingevoerd willen zien, daar die onder alle omstandigheden goed waargenomen kunnen worden. Hoewel het gevaar voor verwarring met gele omrandingslichten in dit geval wel wordt verminderd door hun geringere onderlinge afstand (25 inplaats van 100 m) en wellicht ook door hun andere aard van lichtverdeeling, zou een dergelijke verwarring zóó funest kunnen worden, dat men dit in ieder geval geheél onmogelijk moet maken door de omrandingslichten en de lichtknoppen van verschillende kleur te kiezen. Men zou bijv. gele lichtknoppen kunnen nemen en roode lijnvormige omrandingslichten, waarbij dan zorg moet worden gedragen, dat verwarring met eventueel roode aanlooplichten wordt vermeden.

Anderzijds wordt echter voorgesteld dit bezwaar te ondervangen door de lichtknoppen over de eerste 300 m van de landingsbaan groen te maken, in het midden wit, waarbij men moet waken tegen verblinding, en over de laatste 300 m rood. Hiermee zou men geheel aansluiten aan de oude lichtbebakening van de landingsbaan met gekleurde stormlantaarns, waarbij het groen aanduidt, dat men aldaar veilig met de landingsmanoeuvre kan beginnen, terwijl rood aangeeft, dat het gevaarlijk wordt als men, daar ter plaatse zijnde, de landing nog niet heeft volbracht. Gebruikt men echter ter vermindering van het verblindingsgevaar een groen-geel-rood systeem inplaats van een groen-wit-rood systeem, dan zou weer de mogelijkheid bestaan, dat men de gele omrandingslichten voor lichtknoppen aanziet. Deze moeilijkheid is wellicht te ontgaan door gedurende een landing met behulp van het radiobaken de omrandingslichten te dooven, daar zij, zooals wij reeds hebben besproken, bij zware mist toch een minder belangrijke rol spelen.

SPERLAAGGELIJKRICHTERS

door W. CH. van GEEL. 621.314.63

Bepaalde combinaties van materialen vertoonen bij stroomdoorgang een overgangsweerstand, die afhankelijk is van de stroomrichting. Dit verschijnsel wordt practisch toegepast in de zg. sperlaaggelijkrichters. In dit artikel wordt de werking van de sperlaaggelijkrichter behandeld. Daarna wordt ingegaan op twee speciale soorten van sperlaaggelijkrichters, nl. de koper-koperoxyduul-gelijkrichter en de seleengelijkrichter.

Inleiding

Met het toenemend gebruik van wisselstroom in de electrotechniek is ook het vraagstuk van de omvorming van wisselstroom in gelijkstroom van grooter belang geworden. De techniek kent hiertoe verschillende middelen, waaruit een keuze kan worden gedaan, afhankelijk van de sterkte van de gelijkgerichte stroom en van de grootte der spanning, die men wil gelijkrichten, maar vooral afhankelijk van de eischen, die aan de functie van de gelijkrichter worden gesteld.

Reeds herhaaldelijk werden in dit tijdschrift gelijkrichters behandeld [1]), welke gebruik maken van ontladingsbuizen en wel hoofdzakelijk van hoogvacuumbuizen met gloeikathode of van gasontladingsbuizen, hetzij met gloeikathode of kwikkathode. In dit artikel zal op een geheel ander soort van gelijkrichters worden ingegaan, waarvan de werking berust op het verschijnsel, dat bij bepaalde contacten de overgangsweerstand voor de ééne stroomrichting vele malen grooter is dan voor de andere stroomrichting.

De eerste gelijkrichter van dit soort werd gevonden door Braun [2]), die reeds in 1874 waarnam, dat talrijke kristallen en wel voornamelijk metaalsulfiden, wanneer ze in contact worden gebracht met de punt van een draad, een gelijkrichtende werking vertoonen. De weerstand voor een stroom van het kristal naar de draad kan sterk afwijken van de weerstand voor een stroom in de omgekeerde richting. Hoewel dit verschijnsel zeer sterk afhangt van de toestand van het kristaloppervlak en nooit op een reproduceerbare wijze kon worden verkregen, hebben gelijkrichters volgens dit principe als kristaldetectoren toch een groote rol gespeeld in het begin van de radiotechniek.

Bijna gelijktijdig met de ontdekking van Braun werd een soortgelijke eenzijdige overgangsweer-

[1]) Zie bijv. Philips techn. T. **1**, blz. 6, 11, 65, 1936.

[2]) F. Braun, Pogg. Ann. **153**, 556, 1874, Ann. Physik **1**, 95, 1877.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

stand gevonden aan koperen contacten, wanneer het eene koper-oppervlak was geoxydeerd. Dit verschijnsel bleek in het begin nog minder reproduceerbaar te zijn dan de gelijkrichtende werking van kristallen. Eerst in 1920 heeft Grondahl ontdekt, dat volgens dit principe technisch bruikbare gelijkrichters kunnen worden gemaakt, die zelfs voor groote stroomsterkten geschikt zijn [3]). Dergelijke gelijkrichters zijn thans in verschillende uitvoeringen bekend, die samengevat worden onder de naam sperlaaggelijkrichters.

Samenstelling van de sperlaaggelijkrichter

Het gemeenschappelijke kenmerk van alle tot nu toe vervaardigde sperlaaggelijkrichters is, dat ze bestaan uit twee electroden van verschillend karakter, die gescheiden zijn door een isoleerende laag (sperlaag). Voor de eene electrode wordt gewoonlijk een metaal genomen en wel vaak een zg. „ventielmetaal", d.i. een metaal, waarop door oxydatie aan de lucht vanzelf een oxyde laag ontstaat of althans gemakkelijk kan worden verkregen. De oxyde laag vervult dan de functie van sperlaag. Dergelijke metalen zijn aluminium, zirconium, titanium, tantalium, niobium. Het is echter geenszins noodzakelijk, dat de isoleerende laag door een chemische behandeling van een van de electroden wordt gemaakt. Men kan als stof voor de sperlaag een willekeurige isoleerende stof nemen, bijv. hars, zwavel, cellulose, paraffine, papier. Voor de andere electrode zijn de meest geschikte stoffen slecht geleidende metaalverbindingen, met name oxyden, sulfiden en jodiden van metalen (bijv. kopersulfide, loodsulfide, molybdeensulfide, koperoxyduul, mangaanoxyde, koperjodide enz.). Al deze stoffen zijn halfgeleiders.

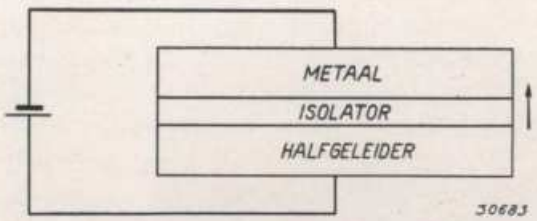


Fig. 1. Schema van een sperlaaggelijkrichter. De pijl geeft de stroomrichting aan, waarbij de weerstand in het algemeen lager is.

Wij komen dus voor de sperlaaggelijkrichter tot het in *fig. 1* weergegeven schema: metaal-isolator-halfgeleider.

[3]) In dit verband zij gewezen op de electrolytische gelijkrichter, die, wat zijn functie betreft, eenige overeenkomst met de sperlaaggelijkrichter vertoont. Op deze gelijkrichter werd reeds eerder in dit tijdschrift in een artikel over electrolytische condensatoren ingegaan (Philips techn. T. **2**, 65, 1937).

Een voorbeeld voor een gelijkrichter van dit type is de door Philips vervaardigde seleengelijkrichter. De eene electrode van deze gelijkrichter bestaat uit selenium, dat door een geschikte warmtebehandeling in een halfgeleidende modificatie wordt gebracht, waarbij tevens aan het oppervlak een isoleerende laag ontstaat. Voor de andere electrode wordt een laag smeltende legeering genomen, die gemakkelijk op de isoleerende laag kan worden aangebracht zonder dat het selenium smelt.

In *fig. 2* is weergegeven, hoe de stroomsterkte van een seleengelijkrichter van 45 mm diameter verloopt als functie van de spanning. De kromme laat zien, dat de overgangsweerstand voor stroomen in de positive richting (welke overeenkomt met een overgang van electronen van het metaal naar de halfgeleider) gemiddeld veel kleiner is dan voor stroomen in de negatieve richting.

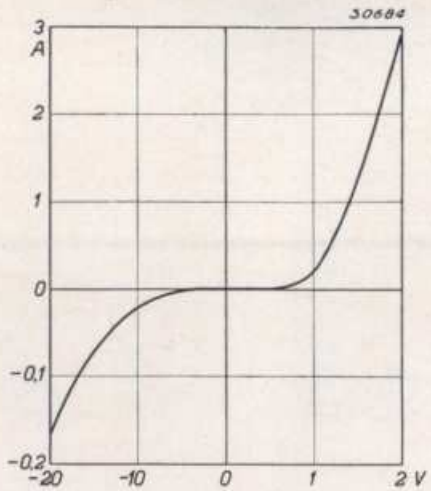


Fig. 2. Stroom-spanningskarakteristiek van een seleengelijkrichter van 45 mm diameter. *Men lette op de geheel verschillende schaalverdeeling voor positieve spanningen en stroomen en voor negatieve spanningen en stroomen.*

Het mechanisme van de geleiding

Zooals boven werd uiteengezet, bestaat een sperlaaggelijkrichter uit twee electroden van verschillend electrisch karakter, die gescheiden zijn door een isoleerende laag. Dit samenstel vertoont een eenzijdige geleidbaarheid, doordat de electronen vanuit het metaal door de isolator kunnen overgaan naar de halfgeleider, maar blijkbaar niet of veel minder in de omgekeerde richting.

Op het eerste gezicht lijkt het verrassend, dat dit stroomtransport in het isoleerende materiaal mogelijk is, immers het isoleerend vermogen van een dergelijk materiaal berust op het feit, dat de elementaire deeltjes van de electriciteit in deze stof niet beweegbaar zijn, of althans bij hun beweging een zeer groote belemmering ondervinden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Bij een voldoend dunne laag van een isoleerende stof is dit echter geenszins het geval. Om dit te kunnen inzien moge er op gewezen worden, dat ook de leege ruimte een uitstekende isolator is. Tusschen twee electroden in vacuum, bijv. de kathode en anode van een röntgenbuis, moet een veldsterkte optreden van ca. 10^6 volt/cm, vóórdat er een stroom begint te vloeien, Het is duidelijk, dat in dit geval niet een belemmering van de beweging van de geladen deeltjes in de ruimte tusschen de electroden als oorzaak van de weerstand kan worden beschouwd. Wanneer het gelukt is geladen deeltjes in de ruimte tusschen de electroden te brengen, dan belet niets deze deeltjes om van één electrode naar de andere over te gaan. De bemoeilijking van de stroomdoorgang is dus alleen gelegen in het feit, dat het energie kost om geladen deeltjes uit de kathode vrij te maken en in het vacuum te brengen. Naarmate de arbeid, die hiertoe verricht moet worden, de zg. uittree-arbeid, kleiner is, zal een grootere stroom door het vacuum vloeien.

Wanneer zich tusschen de electroden in plaats van de leege ruimte een isolator bevindt, dan maakt dit in principe geen groot verschil. Weliswaar zal de uittree-arbeid nu afhangen van de soort van de isolator en dikwijls verschillend zijn van de uittree-arbeid in de leege ruimte. Maar de orde van grootte zal in het algemeen dezelfde zijn, nl. overeenkomen met een spanning van enkele volts en deze energie is, evenals bij het vacuum, veel belangrijker voor de overgangsweerstand dan de hinder, die de electronen in het isoleerende laagje zelf ondervinden.

Om de stroomspanningskarakteristiek van een sperlaaggelijkrichter te begrijpen, moeten we dus nagaan, welke processen van invloed zijn bij het overgaan van electroden uit een metaal of uit een halfgeleider in een isolator. Om dit te kunnen doen, zullen we in het volgende iets nader beschouwen, wat een metaal, een isolator en een halfgeleider voor de electronen beteekenen.

Metaal

Een metaal bestaat, evenals alle materie, uit atomen. Ieder atoom is samengesteld uit een positief geladen kern en een aantal negatieve electronen, die de lading van de kern precies neutraliseeren, zoodat het geheele atoom ongeladen is.

Bijvoorbeeld heeft een atoom van koper 29 electronen, een atoom van lood 82 electronen. Deze electronen loopen voor het grootste gedeelte rondom de kern, zooals planeten om de zon; ze kunnen de kern niet verlaten en dragen dientengevolge niets bij tot de geleiding. Een klein gedeelte van de electronen, meestal slechts 1 of 2 per atoom, is echter niet aan bepaalde banen gebonden, maar kan zich door het geheele metaal verplaatsen en reeds het zwakste electrische veld zal ze in de richting van de veldsterkte doen bewegen.

Deze electronen zijn dus vrij beweeglijk, echter met de beperking, dat ze het metaal niet kunnen verlaten. Om een electron uit het metaal te trekken is een bepaalde energie, als het ware een verdampingswarmte, noodig, die 2 à 5 electronvolt bedraagt, afhankelijk van de soort van het metaal.

Isolator

Wanneer de vaste stof niet een metaal is, maar een chemische verbinding, dan zijn meestal geen geleidingselectronen aanwezig. Door het optreden van de chemische binding worden nl. nieuwe banen voor de electronen gevormd, en bij een mengverhouding volgens de chemische formule is het aantal banen juist even groot als het aantal electronen, zoodat alle electronen gebonden zijn. Het materiaal is dan een isolator. Wanneer het aantal electronen echter grooter is dan het aantal banen, bijv. doordat er van buiten electronen in de isolator treden, dan zijn deze extra-electronen, evenals de geleidingselectronen van een metaal, vrij beweeglijk, zooals boven reeds werd uiteengezet.

Halfgeleider

Wanneer een chemische verbinding, bijv. het oxyde van een metaal, niet nauwkeurig volgens de exact juiste mengverhouding is samengesteld, maar te weinig zuurstof bevat, dan worden niet alle electronen gebonden, zoodat een zekere geleidbaarheid blijft bestaan. Hetzelfde verschijnsel kan ook optreden, indien in de verbinding bepaalde verontreinigingen voorkomen. Het aantal geleidingselectronen is echter veel kleiner dan bij een metaal (bijv. 1/1000 van het aantal atomen) en dientengevolge is ook de geleidbaarheid veel geringer. Men noemt dergelijke stoffen halfgeleiders of, nauwkeuriger „overmaat"-halfgeleiders, omdat de geleidbaarheid wordt veroorzaakt door een overmaat aan electronen.

Indien de samenstelling in de omgekeerde richting afwijkt van de exact juiste mengverhouding, dus indien in ons geval het oxyde niet te weinig maar te veel zuurstof bevat, dan wordt het aantal banen grooter dan het aantal electronen, zoodat alle electronen gebonden zijn en bovendien nog een aantal banen ontstaat, waarin geen electronen loopen. Er blijft dus een aantal atomen over, die nog een electron zouden kunnen binden.

Ook in dit geval treedt een zekere geleiding op,

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Het is bijv. mogelijk, dat een atoom, dat nog een electron kan binden, dit electron van zijn rechter buuratoom ontvangt. Dit kan op zijn beurt nu zelf een electron van zijn rechterbuuratoom ontvangen enz., zoodat de plaats, waar een electron ontbreekt, voortdurend naar rechts wordt verschoven. Dit heeft nu precies de uitwerking, alsof een positieve lading naar rechts door het materiaal wordt bewogen, met andere woorden: er loopt een stroom naar rechts. Men zou deze soort van geleiding „ondermaat"-halfgeleiding kunnen noemen.

Door deze beschouwing over het mechanisme van de geleiding in de drie onderdeelen van een sperlaaggelijkrichter zijn we voorbereid om na te gaan, hoe de geleiding in het geheele samenstel plaats vindt.

De werking van een sperlaaggelijkrichter

Zooals reeds werd uiteengezet, is de weerstand van een sperlaaggelijkrichter in de twee stroomrichtingen hoofdzakelijk bepaald door de processen, die een rol spelen bij de overgang van electronen uit het metaal of uit de halfgeleider in de isolator.

Thermische emissie

Het meest voor de hand liggende zou zijn, deze overgang op te vatten als thermische electronenemissie, dus als een verdamping van electronen uit het emitteerende materiaal. Bij een gegeven temperatuur hebben de electronen een bepaalde snelheidsverdeeling. De gemiddelde kinetische energie is veel kleiner dan de uittree-arbeid en alleen de snelste electronen kunnen ontsnappen. De snelheid van de verdamping is bepaald door de verdampingswarmte, die aan de kant van het metaal en aan de kant van de halfgeleider een verschillende waarde kan hebben. Indien men onderstelt, dat de verdampingswarmte voor electronen (de uittreearbeid) bij het metaal kleiner is dan bij de halfgeleider, dan zouden de electronen een voorkeur vertoonen om in de richting van het metaal naar de halfgeleider te loopen, in overeenstemming met de waargenomen gelijkrichtende werking.

Bij een nadere beschouwing van het stroomspanningsdiagram van een sperlaaggelijkrichter blijkt echter, dat de thermische emissie niet in staat is om het geheele verschijnsel te verklaren. Immers, indien dit het geval zou zijn, dan zou bij een bepaalde temperatuur met toenemende spanning een verzadiging van de stroomsterkte optreden, die gegeven is door de emissie van de electroden. Dit verschijnsel zou duidelijk merkbaar moeten zijn bij de spanningen, welke noodig zijn om de gelijkrichter te doen werken. Dit blijkt echter niet het geval te zijn: de stroomsterkte neemt met toenemende spanning altijd toe. Zij loopt zelfs voor beide richtingen sterker dan evenredig met de spanning op.

Ook de wijze, waarop de stroomsterkte bij gegeven spanning met de temperatuur verandert, is door thermische emissie niet goed te verklaren. Bij thermische emissie zou de stroom zeer sterk moeten afhangen van de temperatuur en zou practisch moeten verdwijnen, wanneer de gelijkrichter voldoende sterk wordt afgekoeld. Dit is in werkelijkheid niet het geval, de stroom in de doorlaatrichting neemt voor een constante spanning op de sperlaag bij een sterke afkoeling slechts weinig af en wordt zeker niet nul [4]).

Uit deze afwijkingen kan men concludeeren, dat de overgang van electronen niet alleen wordt veroorzaakt door thermische emissie, maar dat nog een ander verschijnsel een rol moet spelen, dat in veel mindere mate afhangt van de temperatuur. Een dergelijk verschijnsel is in vacuumbuizen bekend onder de naam koude emissie.

Koude emissie

Wanneer velden van de orde van 10^7 volt/cm worden aangelegd aan electroden, die zich in een vacuum bevinden, dan neemt men waar, dat een electronenstroom optreedt, die veel grooter is dan de thermische emissie. Men kan deze stroom, de zg. koude emissie, bijv. verkrijgen door de punt van een draad als kathode tegenover een vlakke electrode te plaatsen. Tengevolge van de veldconcentratie verkrijgt men dan het vereischte sterke veld aan de punt van de draad met betrekkelijk lage spanningen. De stroomdichtheid van de koude emissie kan zeer hoog zijn (van de orde van 1000 A/cm²), het emitteerend oppervlak bedraagt echter bij deze proeven slechts 10^{-7} tot 10^{-8} cm², zoodat de waargenomen stroomen toch zeer klein zijn.

Het is gemakkelijk in te zien, dat veldsterkten van de boven genoemde orde van grootte ook aan de sperlaag van een gelijkrichter kunnen optreden.

Rekent men bijv. met een sperlaag van 10^{-5} cm dikte, dan heeft men bij een spanning van 10 volt een veldsterkte van 10^6 volt/cm. Bovendien zijn er aan het oppervlak van de electroden vrijwel altijd punten aanwezig, waardoor concentraties van het veld optreden, die de plaatselijke veldsterkte gemakkelijk met een factor 10 kunnen verhoogen. Men kan dus in de sperlaaggelijkrichter veldsterkten van de orde van 10^7 volt/cm verwachten.

[4]) Houdt men de stroomsterkte constant, dan neemt de totale spanning, die op de gelijkrichter staat, bij afkoeling toe, omdat de weerstand van de halfgeleider toeneemt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Een verklaring van de koude emissie is eerst mogelijk geworden door de nieuwe inzichten toe te passen, die de golfmechanica heeft geopend. Wij willen hierover niet ver in details treden, doch willen slechts trachten, aan de hand van *fig. 3* duidelijk te maken, hoe uit het idee, dat een stroom van electronen zich gedraagt als een golftrein, het optreden van dit verschijnsel kan worden afgeleid.

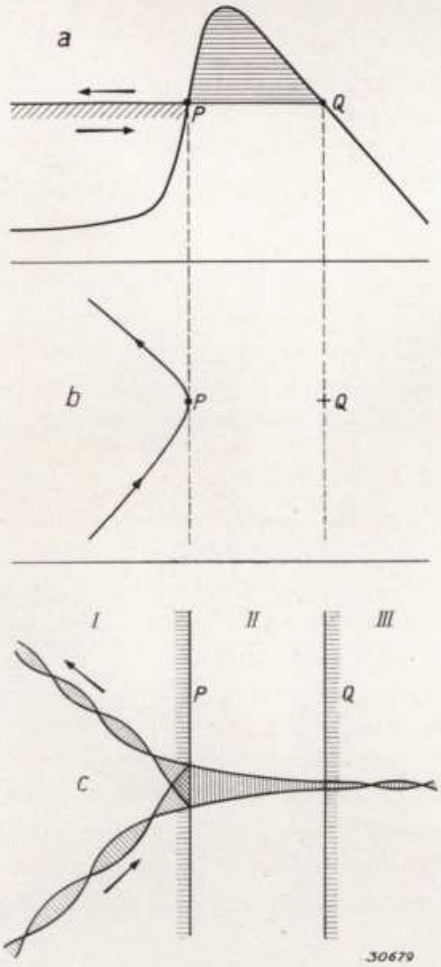


Fig. 3. Verklaring van de koude emissie. *a*) Energiediagram voor een deeltje, dat uit het inwendige van een metaal tegen het oppervlak botst. In het punt P is de potentieele energie (getrokken lijn) gelijk aan de totale energie (gearceerde lijn). Het electron komt dan tot rust en keert terug. *b*) Baan van het electron, dat tegen het oppervlak botst. *c*) De reflectie van een electron, dat uit een metaal wil treden en teruggekaatst wordt, vertoont een zekere analogie met een lichtgolf, die uit een glazen lichaam wil treden en totaal gereflecteerd wordt. Indien de luchtspleet *II* voldoende nauw is, dringt een gedeelte van het licht door naar het tweede glazen lichaam (*III*). Evenzoo kan een electron de uittreepotentiaal overwinnen, indien het gebied tusschen P en Q, waarin de potentieele energie grooter is dan de totale energie, voldoende smal is.

In *fig. 3a* is het energiediagram weergegeven van een electron, dat zich binnen een geleider beweegt naar het oppervlak van de geleider. Aan het oppervlak maakt de potentieele energie een sprong, die we hebben leeren kennen als de uittree-arbeid van het electron. Buiten het oppervlak neemt tengevolge van het electrische veld de energie weer af en is rechts van het punt Q lager dan de energie, waarmee het electron van binnen tegen het oppervlak aanloopt.

Volgens de klassieke mechanica zou het electron aan de potentiaalwal gereflecteerd worden. De baan van het electron „van boven bekeken" wordt in fig. 3*b* weergegeven. Het electron kan niet verder komen dan tot de lijn P, waar de potentieele energie even groot is als de totale energie van het electron. Het gebied tusschen de lijnen P en Q is volgens de wet van behoud van energie voor het electron ontoegankelijk en hierdoor wordt onmogelijk gemaakt, dat het electron uittreedt. Op zichzelf zou het electron zich in het gebied rechts van de lijn Q weer kunnen bevinden zonder de wet van energiebehoud te overtreden, maar het kan dit gebied niet bereiken zonder door de potentiaalwal heen te gaan.

Wanneer we nu de botsing van het electron tegen de potentiaalwal beschrijven in de termen van de golfmechanica, dan beteekent de reflectie van het electron, dat een totale reflectie van de materiegolven optreedt.

Nu beteekent een totale reflectie van een golf aan de grenslaag tusschen twee media niet, dat aan de andere kant van de grenslaag in het geheel geen trillingsverschijnsel optreedt. We willen dit aan een optisch analogon demonstreeren. Wanneer men bijv. links van de lijn P en rechts van de lijn Q twee glazen blokken heeft, die gescheiden zijn door een luchtspleet (zie fig. 3c), dan zou een lichtstraal, dus een electromagnetische golf, die onder een voldoend groote hoek invalt, aan het oppervlak P totaal gereflecteerd worden. In de luchtspleet bevindt zich echter ook nog een zeker electromagnetisch veld, dat exponentieel afneemt met toenemende afstand van de grenslaag P. Dit heeft tot gevolg, dat slechts aan een oneindig dikke luchtspleet de reflectie „totaal" is. Wanneer de dikte van de luchtspleet niet vele malen grooter is dan de golflengte van het licht, dan zal een aanmerkelijk gedeelte van de straling worden overgebracht naar het tweede glazen blok.

Past men deze overwegingen toe op de materiegolven, die de beweging van het electron beschrijven, dan heeft men een verklaring voor het verschijnsel van de koude emissie. De lengte van de materiegolven van de geleidingselectronen is van de orde van 10^{-7} cm. Wordt de dikte van de ontoegankelijke zône vergelijkbaar met deze golflengte, en dat is bij een veldsterkte van 10^6 tot 10^7 volt/cm het geval, dan zullen de materiegolven de potentiaalwal door-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

dringen, hetgeen beteekent, dat electronen worden geëmitteerd.

Door een kwantitatieve uitwerking van de theorie van de koude emissie vindt men voor de stroomdichtheid als functie van de electrische veldsterkte F een verband van de vorm:

$$i = A\,F^2 e^{-B/F}, \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

waarbij B evenredig is met de uittree-arbeid tot de macht anderhalf.

De stroom in de doorlaatrichting van een sperlaaggelijkrichter kan door een formule van de vorm van verg. (1) bij benadering worden beschreven, indien men onderstelt, dat de veldsterkte F evenredig is met de spanning V, die op de gelijkrichter staat. De verhoudingsfactor tusschen F en V is moeilijk nauwkeurig aan te geven, omdat meestal de dikte van de sperlaag niet overal dezelfde is en bovendien niet bekend is, in welke mate de veldsterkte door het aanwezig zijn van uitstekende punten wordt verhoogd.

De grootere overgangsweerstand in de niet-doorlatende richting moet verklaard worden door aan te nemen, dat in deze richting een veel kleinere koude emissie optreedt. Het is dan te verwachten, dat andere wijzen van stroomdoorgang zooals thermische emissie en electrolytische geleiding van de sperlaag een relatief grootere rol zullen spelen. Men vindt dan ook, dat in de niet-doorlatende richting verg. (1) minder goed opgaat. Het verloop van de I-V-kromme in deze richting wordt sterk beïnvloed door de wijze, waarop de gelijkrichter is vervaardigd.

Dat de koude emissie van de metalen plaat anders is dan die van de halfgeleidende plaat kan verschillende oorzaken hebben:

Ten eerste zijn de electronen in een halfgeleider, speciaal in een „ondermaat"-halfgeleider, veel minder beweeglijk dan in een metaal. Dientengevolge zullen per seconde veel minder electronen tegen het oppervlak botsen, waardoor ook het aantal electronen, dat per seconde uit het oppervlak treedt, bij de halfgeleider veel kleiner zal zijn dan bij het metaal.

Ten tweede is de koude emissie, evenals de thermische emissie, afhankelijk van de uittree-arbeid, die voor het metaal en voor de halfgeleider verschillend kan zijn.

Ten derde is het, afhankelijk van de wijze van vervaardigen, mogelijk, dat aan de eene electrode scherpere punten uitsteken dan aan de andere, zoodat bij een bepaalde spanning aan het oppervlak van de eene electrode grootere veldsterkten optreden dan aan het oppervlak van de andere electrode.

Het eerste effect heeft tot gevolg, dat de electronen gemakkelijker kunnen gaan van het metaal naar de halfgeleider, terwijl de effecten 2) en 3) naar gelang van de omstandigheden de eene of de andere richting kunnen hebben.

Ieder van de drie effecten kan op zichzelf voldoende groot zijn om een gelijkrichting van de waargenomen orde van grootte te verklaren. Het is mogelijk, dat bij de technisch belangrijke sperlaaggelijkrichters een samenwerking plaats vindt van verschillende verschijnselen, die proefondervindelijk niet van elkaar kunnen worden onderscheiden.

De vervaardiging van sperlaaggelijkrichters

De eerste sperlaaggelijkrichter, welke ook voor grootere stroomsterkten practische beteekenis heeft verkregen, bestond uit een combinatie van koper en koperoxyduul. Om een koperoxyduulgelijkrichter te maken, verhit men een plaatje zuiver koper in de lucht op een temperatuur van ca. 1040°C. Het koper oxydeert aan de lucht en bedekt zich met een laag van koperoxyduul Cu_2O. Dit koperoxyduul is op zichzelf geen halfgeleider, maar een isolator. Door een geschikte warmtebehandeling toe te passen, kan men echter bereiken, dat het koperoxyduul zuurstof uit de lucht opneemt en daardoor halfgeleidend wordt.

Uit de wijze van vervaardigen blijkt niets van het bestaan van een sperhuid tusschen het koper en het koperoxyduul. Dat een dergelijke sperhuid toch aanwezig is, is als volgt te verklaren. Wij zagen boven, dat het zuivere koperoxyduul een isolator is en pas door een overmaat aan zuurstof zijn geleidende eigenschappen verkrijgt. Nu vindt aan de grenslaag van het koperoxyduul en het koper een zekere diffusie van atomen plaats, zoodat de samenstelling geleidelijk verandert van Cu_2O met overmaat zuurstof tot zuiver koper. In dit geval moet echter een bepaalde laag aanwezig zijn, waarin het koperoxyduul nauwkeurig volgens de chemische formule is samengesteld, en deze laag vormt de sperhuid. De koperoxyduulgelijkrichter komt dus overeen met het schema metaal-isolator-halfgeleider.

Zooals reeds opgemerkt, wordt door Philips een sperlaaggelijkrichter vervaardigd, waarin als halfgeleidend materiaal selenium is gebruikt.

Selenium is een stof, die in verschillende modificaties voorkomt. Smelt men poedervormig selenium, dan ontstaat een glasachtige massa, die een hooge soortelijke weerstand heeft. Brengt men deze

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

massa op een temperatuur tusschen 100 en 220°C, dan gaat het selenium over in een grauwe kristallijne modificatie, die beter geleidend is en in dunne lagen bruikbaar is als halfgeleidende electrode van een sperlaaggelijkrichter. Men gebruikt het selenium steeds als dunne laag op een metalen grondplaat, omdat het anders zeer bros is.

Het selenium wordt in gesmolten vorm op de grondplaat gebracht en tot een dunne laag uitgedrukt. Daarna wordt bovengenoemde warmtebehandeling toegepast, waardoor de grauwe modificatie ontstaat. Tegelijkertijd ontstaat op het vrije oppervlak van het selenium (dus niet tusschen het selenium en de grondplaat) een sperlaag.

Na het afkoelen wordt op de sperlaag een dunne laag metaal aangebracht, en wel een laagsmeltende legeering van tin, cadmium en bismuth. Deze laag wordt door middel van een contactveer met de eene toevoerdraad verbonden. Het andere contact is aan de grondplaat bevestigd.

Eigenschappen van de seleengelijkrichter

De stroomspanningskarakteristiek van de door Philips vervaardigde seleengelijkrichter werd reeds in fig. 2 weergegeven. De stroom in de doorlaatrichting kan voor spanningen beneden 1 V bij benadering worden voorgesteld door een formule van de vorm

$$i = a\, V^2\, e^{-b/V},$$

waarin a en b constanten zijn. Bij hoogere spanningen treden afwijkingen op, omdat bij groote stroomen de weerstand van de seleenlaag een niet te verwaarloozen spanningsverval veroorzaakt.

In de richting van geringe doorlating doet zich het merkwaardige geval voor, dat het bij het aanleggen van de spanning eenige tijd duurt, alvorens de stroom zijn eindwaarde heeft. Reeds bij het vergelijken van de stroomspanningskarakteristieken voor gelijkspanning en voor een wisselspanning van 50 per/sec is dit effect merkbaar, vooral als de gelijkrichter eenige tijd in bedrijf is geweest.

De weergegeven karakteristieken hebben betrekking op kamertemperatuur. Bij een verhooging van de temperatuur neemt de stroom in beide richtingen toe. In de goed doorlatende richting is de toename van de stroom per graad temperatuurverhooging gemiddeld ca. 1%, in de slecht doorlatende richting gemiddeld 5 tot 10%.

De toelaatbare stroomsterkte door een seleengelijkrichter van 45 mm diameter bedraagt bij continue belasting met wisselstroom in de richting van goede doorlating 300 mA, hetgeen overeenkomt met ongeveer 0,9 V; in de richting van geringe doorlating kan men ongeveer 16 V toelaten. Bij een te hooge spanning aan de sperlaag kan doorslag optreden. Deze heeft meestal tot gevolg, dat de uitstekende punten, welke de doorslag veroorzaakt hebben, wegbranden. Dit heeft echter geen nadeelige invloed op de werking van de gelijkrichter, aangezien geen blijvende vernieling (kortsluiting) van de sperlaag optreedt. De koperoxyduulgelijkrichter is voor doorslag veel gevoeliger. Een doorslag heeft hier steeds blijvende sluiting tot gevolg.

Behalve doorslag kan bij overbelasting van de gelijkrichter ook een te groote verwarming optreden met het gevolg, dat de metalen electrode smelt. In dat geval kan het voorkomen, dat de contactveeren door de sperlaag heendrukken en blijvend sluiting veroorzaken. Maar in de meeste gevallen kan de seleengelijkrichter zelfs deze krachtproef doorstaan.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

EEN EENVOUDIG TOESTEL VOOR GELUIDSREGISTRATIE

door K. de BOER en A. TH. van URK. 681.84.081.3 : 681.85

Er wordt een eenvoudig toestel beschreven, dat leeken in staat stelt, geluidsopnamen van zeer behoorlijke kwaliteit zèlf te vervaardigen. Het registreeren geschiedt op platen, die op een gewone gramofoon afgespeeld kunnen worden. De keuze van het systeem en de constructie van de geluidschrijver worden uitvoerig besproken. De schrijver heeft een vlakke frequentiekarakteristiek tusschen 60 en 4500 Hz en vereischt voor de aandrijving een vermogen van slechts 0,6 W. Derhalve is geen andere versterker voor de microfoonstroomen noodig dan het laagfrequente gedeelte van een radio-ontvangtoestel. Dit maakt het toestel bij uitstek geschikt voor toepassing in muziek- en spreekscholen, in het taalonderwijs, enz. Aan het slot van het artikel worden nog bijzonderheden over het gebruik van het apparaat medegedeeld.

Terwijl de mogelijkheid, om visueele indrukken vast te houden met behulp van de fotografie, op zeer groote schaal in de hand van leeken toepassing vindt, wordt van de mogelijkheid, om acoustische indrukken te registreeren, buiten de geluidsfilm- en gramofoonstudio's nog betrekkelijk weinig gebruik gemaakt. Toch zijn vele gevallen aan te wijzen, waar het zèlf vervaardigen van geluidsopnamen zeer nuttig kan zijn. Musici en acteurs kunnen hierdoor in staat worden gesteld hun creaties te controleeren zonder zich daarbij op de prestatie zelf te moeten concentreeren. Hetzelfde geldt voor sprekers bij het instudeeren van een speech, vooral met het oog op het bekende feit, dat men bij het spreken zijn eigen stem — o.a. tengevolge van de geleiding door de beenderen — geheel anders hoort dan de toehoorder. Voor muziek- en spreekscholen liggen hier groote paedagogische mogelijkheden. Ook het taalonderwijs kan van goede spraakopnamen profijt trekken, zooals het bestaan van leermethoden, die geheel op gramofoonopnamen gebaseerd zijn, bewijst. Daarnaast kan het maken van geluidsopnamen ook voor den particulier aantrekkelijk zijn, het zij voor het registreeren van belangrijke telefoongesprekken, het correspondeeren per gramofoonplaten, of iets dergelijks.

Een opname-apparatuur, die voor de genoemde toepassingen geschikt wil zijn, moet eenvoudig bediend kunnen worden, terwijl tevens de kwaliteit van de weergave goed moet zijn. In het navolgende willen we nu een in dit laboratorium ontwikkeld eenvoudig toestel beschrijven, dat ook niet-technici in staat stelt, geluidsopnamen van zeer behoorlijke kwaliteit te maken, die daarna op dezelfde wijze als gewone gramofoonplaten ten gehoore gebracht kunnen worden.

Keuze van het systeem van registratie

Alle systemen voor de mechanische registratie van geluid [1]) hebben dit gemeen, dat een in het rhythme der geluidstrillingen bewegende beitel een geluidspoor snijdt in een min of meer zacht materiaal. Dit laatste kan op een cylinder aangebracht zijn, zooals bij de fonograaf van Edison het geval was en ook thans nog bij dicteermachines gebruikelijk is, of op platen. De constructie van het registreerend apparaat kan natuurlijk slechts op één van deze vormen berekend zijn. Het hier beschreven toestel werd voor het opnemen op platen geconstrueerd, want hier stond de gedachte voorop, dat het opgenomen geluid met een normale gramofoon weergegeven moest kunnen worden.

Het geluidspoor op de plaat kan op twee wijzen gemoduleerd worden: de diepte van de gesneden groef kan in het rhythme der geluidstrillingen varieeren (Edisonschrift), of de trillingen kunnen als slingeringen van de hartlijn van de groef opgeteekend worden (Berlinerschrift). Het Edisonschrift heeft het voordeel, dat de spiraalvormige groeven zeer dicht bij elkaar kunnen liggen, terwijl bij het Berlinerschrift tusschen de groeven een ruimte moet worden opengelaten gelijk aan de dubbele amplitude der grootste optredende slingeringen. Met het Edisonschrift zou men dus bij eenzelfde plaatdiameter een langere speelduur van de plaat kunnen verkrijgen. Daartegenover staan de nadeelen, dat het opname-apparaat voor dit schrift moeilijker te construeeren is en meer aanleiding geeft tot vervorming. Tegenwoordig zijn de gramofoonplaten dan ook vrijwel uitsluitend volgens het Berlinerschrift gesneden, en ook de geluidopnemers der gewone gramofoons zijn hiervoor geconstrueerd. Ons toestel is derhalve eveneens voor het Berlinerschrift geconstrueerd.

Vervolgens ziet men zich voor het alternatief geplaatst, of men de groeven op de plaat van binnen naar buiten wil snijden of van buiten naar binnen. Het laatstgenoemde systeem is algemeen gebruikelijk, zoodat de automatische uitschakelaar, die

[1]) Van de registratie op film, hetzij optisch, hetzij langs andere weg, kunnen we hier afzien, daar zij voor het hier beoogde doel te omslachtig en te kostbaar is.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

in de meeste gramofoons is aangebracht, steeds op deze wijze van registratie berekend is. Het systeem heeft echter het nadeel, dat men bij het snijden der platen er op moet letten, dat de beitel niet na eenige tijd weer in aanraking komt met de gesneden spaan. De spaan legt zich nl., als men hem niet verwijdert, in een cirkel op de plaat, die — waarschijnlijk tengevolge van een zekere krimp — een iets kleinere diameter heeft dan de uitgesneden groef. Aanraking tusschen beitel en spaan zou tot beschadiging van de beitel of van de groef kunnen leiden. Bij het van binnen naar buiten snijden der platen kan dit niet voorkomen, echter kan men dan bij het afspelen geen profijt trekken van de automatische uitschakelaar. Teneinde aan de gebruiker over te laten, welk argument hij het zwaarst wil laten wegen, het grootere gemak bij het snijden of het grootere gemak bij het afspelen, is het apparaat zoo ingericht, dat door verwisseling van enkele onderdeelen van de eene manier van snijden overgegaan kan worden op de andere.

Een ander nadeel van het van buiten naar binnen snijden is, dat de hooge tonen een benadeeling ondervinden. De goede weergave van de hooge tonen hangt er nl. van af, of de naaldpunt, waarmee de plaat bij de weergave wordt afgetast, de slingeringen van de groef goed kan volgen. Hiervoor is noodzakelijk, dat de kromtestraal van de slingeringen grooter is dan de straal van de naaldpunt. Nu ondergaat de naaldpunt bij platen uit hard materiaal, zooals de in de handel verkrijgbare lakplaten, reeds bij het afspelen van één plaat een aanmerkelijke slijtage. Een nieuwe naaldpunt heeft een diameter van ongeveer 50 μ, aan het einde van de plaat echter is hij stomper geworden en bijv. 100 μ dik. De kromtestraal van de slingeringen van de groef is bij een bepaalde geregistreerde frequentie evenredig met de afstand tot het draaipunt, dus in de buitenste groeven 2 à 3 maal zoo groot als in de binnenste. Het is dus voor de weergave der hooge tonen het gunstigst om met de nieuwe, fijne naaldpunt daar te beginnen, waar de kromtestralen der groeven het kleinst zijn, dwz. bij de binnenste groeven.

De geluidschrijver

Het aandrijven van de beitel geschiedt volgens de electromagnetische methode. *Fig. 1* geeft een schematisch beeld van de constructie van de geluidschrijver. Het anker bevindt zich in het permanente magnetische veld tusschen twee poolschoenen, dat opgewekt wordt door de magneet *NZ*. De beweging van het anker om de torsie-as *T* vindt plaats tengevolge van het wisselende veld, dat de door de spoel *Sp* loopende wisselstroom opwekt. Stuurt men door de spoel de (bijv. in het laagfrequentgedeelte van een radiotoestel versterkte) stroom van een microfoon, waarvóór gesproken wordt, dan trilt dus het anker in het rhythme van het te registreeren geluid. Aan het anker is de beitel bevestigd, die bij het trillen van het anker een slingerende groef in de er onder door bewogen plaat snijdt.

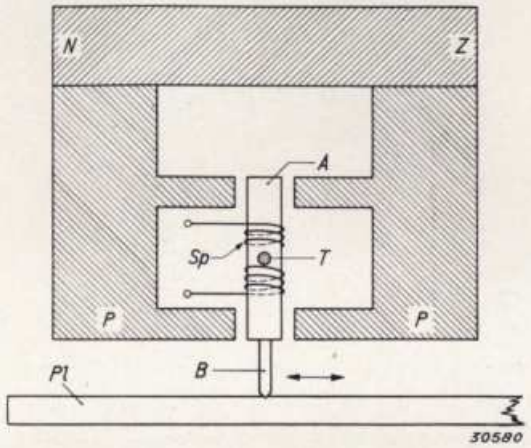


Fig. 1. Schema van een geluidschrijver volgens het electromagnetische principe. *NZ* magneet, *P* poolschoenen, *A* anker, *Sp* spoeltjes, waardoor de, in het rhythme van de geluidstrillingen wisselende microfoonstroom loopt. *B* beitel, die bij het trillen van het anker een transversaal slingerende groef in de voortbewogen plaat *Pl* snijdt.

We willen nu de amplitude berekenen, die de beitel bij het trillen van het anker verkrijgt. Bij een sinusvormig wisselend veld met de topwaarde ΔH wordt op het anker een wisselend koppel uitgeoefend met de topwaarde

$$K = \frac{1}{2\pi} H_o \, \Delta H \cdot O \cdot r_a \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

waarbij H_o het permanente veld in de luchtspleet beteekent, O het oppervlak van de poolschoenen en r_a de hefboom, waaraan de ponderomotorische krachten aangrijpen. Onder invloed van dit wisselende koppel trilt het anker, zoolang de frequentie ω van het wisselveld klein is ten opzichte van de resonantiefrequentie ω_o, met een hoekamplitude K/c, wanneer c de torsiestijfheid van de inklemming bij T is. De amplitude a van de beitel, die op een afstand r_b van het draaipunt is bevestigd, wordt

$$a = r_b \cdot K/c \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

De stijfheid c kunnen we uitdrukken in de resonantiefrequentie ω_o van het trillende systeem en de traagheidsmomenten I_a en I_b van het anker en van de beitel, met behulp van de betrekking:

$$\omega_o = \sqrt{\frac{c}{I_a + I_b}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

We krijgen voor a de vergelijking

$$a = k \frac{H_o \, \Delta H}{{\omega_o}^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

met de coëfficient

$$k = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{r_a \cdot O \cdot r_b}{I_a + I_b} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Voor de practijk is het van belang de gevoeligheid van de schrijver groot te maken, dwz. de gewenschte uitslag van het anker met een zoo klein mogelijke electrische energie te verkrijgen. In de eerste plaats moet hiervoor de teller van (4) groot zijn. Het wisselveld ΔH is evenredig met de spoelstroom; de evenredigheidsfactor hangt af van de zg. wisselstroompermeabiliteit μ van het materiaal in de geheele magnetische kring. De waarde van μ in de poolschoenen hangt echter weer af van de magnetische inductie, die (afgezien van de spreiding) gelijk is aan het veld H_o in de luchtspleet. Voor een bepaalde waarde van H_o wordt de te bereiken waarde van het product $H_o \Delta H$ een maximum. Op deze waarde wordt H_o door geschikte dimensionneering van de magneet ingesteld.

Verder zou men volgens verg. (4) een groote amplitude a verkrijgen door de resonantiefrequentie ω_o laag te houden. Hierbij spelen echter weer andere overwegingen een rol, waarop we straks terugkomen.

Tenslotte kan men a vergrooten door de factor k in (4) groot te maken. Volgens verg. (5) is hiervoor in de eerste plaats gewenscht, dat de traagheidsmomenten I_a van het anker en I_b van de beitel zoo klein mogelijk worden gemaakt. De lengteafmetingen, die verder in k voorkomen, zijn mede door constructieve overwegingen bepaald. Men kan echter voor het geval $I_a \gg I_b$ nog een algemeene conclusie uit verg. (5) trekken. Daar I_a de dimensie heeft van een dichtheid maal een lengte tot de vijfde macht, heeft k de dimensie van een reciproke lengte maal dichtheid. Denkt men dus in verg. (4) zoowel $H_o \Delta H$ als ω_o constant gehouden, dan is het duidelijk, dat a grooter wordt, als men de geluidschrijver in zijn geheel en in alle gedeelten evenredig verkleint. Hieraan wordt door twee voorwaarden een grens gesteld:

1) Het anker moet bepaalde minimale afmetingen hebben om de kracht te verkrijgen, welke noodig is om de weerstand van de gramofoonplaat te overwinnen. (Bovendien kan men de beitel niet willekeurig met het geheele systeem verkleinen, zoodat tenslotte de voorwaarde $I_a \gg I_b$ voor de bovenstaande beschouwing niet meer vervuld is).
2) De luchtspleet moet groot blijven ten opzichte van de amplitude van het anker, omdat anders een niet-lineaire vervorming in de registratie ontstaat (de uitslag van het anker is dan niet meer evenredig met de spoelstroom).

Wat de eerste voorwaarde betreft, had met het verkleinen van de geheele schrijver nog wel verder kunnen worden gegaan, dan bij de constructie werkelijk is geschied. Van deze mogelijke winst in gevoeligheid is echter geen gebruik gemaakt om aan de tweede voorwaarde zoo goed mogelijk te blijven voldoen. De verkregen gevoeligheid is trouwens, zooals we nog zullen zien, voor de practijk reeds geheel voldoende.

Vergelijking met de geluidschrijver van het Philips-Miller-systeem

Het is in dit verband interessant om de geluidschrijver van het toestel te vergelijken met die van het Philips-Miller-systeem [2]). Dit laatstgenoemde systeem van geluidsregistratie is speciaal ontwikkeld voor de geluidsfilm en voor toepassing in de omroep, waarbij hooge eischen aan de weergave worden gesteld en waar het ook van veel belang is, over een langeren speelduur te beschikken, „coupures" te kunnen aanbrengen en scènes te „monteeren." Bij het Philips-Miller-systeem wordt het geluid geregistreerd als een groef van wisselende breedte in een band. Deze groef wordt verkregen met een wigvormige beitel, die door het trillende anker meer of minder diep in de voortgetrokken band wordt gedrukt. Hierin ligt nu een essentieel verschil van de twee geluidschrijvers: bij het Philips-Miller-systeem levert het anker zelf de kracht, die de weerstand van het materiaal overwint en die belet, dat de beitel uit het materiaal wordt gedrukt. Immers, het varieeren van deze kracht levert juist de modulatie. Bij de geluidsopname op platen daarentegen, waar een groef van constante breedte en diepte wordt gesneden, is de kracht, die de beitel in het materiaal moet houden, constant, zij wordt verkregen door een gewichtje, waarmee de schrijver wordt verzwaard.

De vereischte kracht van het anker bij het Philips-Miller-systeem is dus vele malen grooter dan bij het opnemen op platen. Tracht men de gevoeligheid van de geluidschrijver te verhoogen door hem in zijn geheel te verkleinen, dan komt men bij het Philips-Miller-systeem eerder aan de grens, gegeven door de toelaatbare belasting van het materiaal, dan aan de grens, voorgeschreven door de eisch van lineariteit. Bij de registratie op platen daarentegen is het juist andersom en ligt de grens bij veel kleinere afmetingen.

Beschrijving van de constructie

Geluidschrijver

De foto *fig. 2* vertoont twee exemplaren van de

[2]) R. Vermeulen, Het Philips-Miller-systeem voor geluidsregistratie, Philips techn. T. 1, 107, 1936; A. Th. van Urk, De geluidschrijver van het Philips-Miller-systeem, Philips techn. T. 1, 135, 1936.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

geluidschrijver van het hier beschreven toestel. Het linker exemplaar is geopend. Men ziet links de magneet, waar de poolschoenen opgezet zijn. Het anker

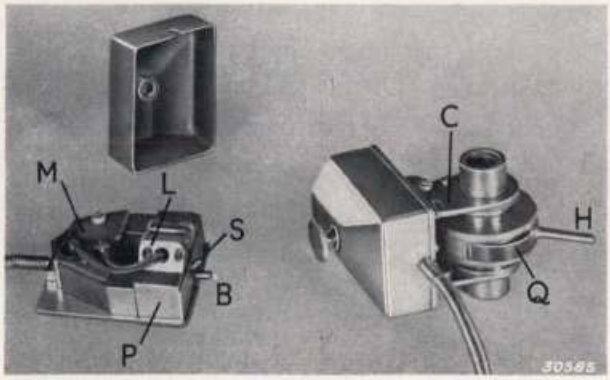


Fig. 2. Twee exemplaren van de geluidschrijver. Het geopende exemplaar links laat de magneet *M* zien, verder de poolschoenen *P* met de zijblokken *L*, waartusschen het anker wordt vastgeklemd en de beitel *B*, die met het schroefje *S* in het anker wordt bevestigd. De schrijver rechts is op het brugje *C* gemonteerd, waarmee het verschuiven tijdens het snijden wordt bewerkstelligd.

bevat een boring, waar de beitel ingezet en met een schroefje vastgeklemd wordt. Het anker is in *fig. 3* geteekend. Het eigenlijke ankergedeelte is door twee staafjes verbonden met de klemplaten *K*. Deze worden tusschen de zijblokken *L* der poolschoenen vastgeklemd, zie fig. 2 (het onderste paar zijblokken is daar niet zichtbaar, wel echter op fig. 5 geheel rechts). De voorvlakken van de poolschoenen met zijblokken, alsmede het in fig. 3 geteekende ankerblok zijn vlak geslepen. Door bij het inklemmen van het ankerblok koperplaatjes van een bepaalde dikte tusschen klemplaten *K* en poolschoenenblokken *L* te leggen wordt een luchtspleet van nauwkeurig gedefinieerde afmetingen verkregen.

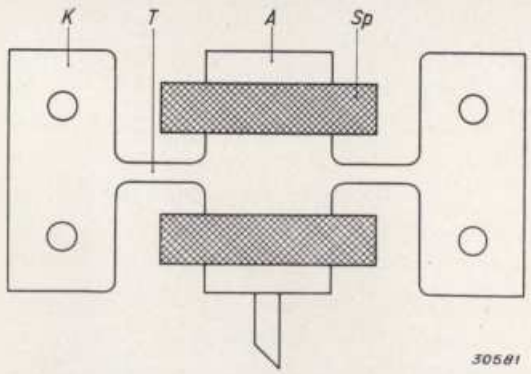


Fig. 3. Ankerblok van de geluidschrijver. De klemplaten *K*, die tusschen de zijblokken *L* (fig. 2 en 5) der poolschoenen worden geklemd, dragen door de staafjes *T*, die als torsie-assen dienst doen, het eigenlijke anker *A*. *Sp* spoeltjes.

Transportinrichting

De schrijver wordt op een brugje gemonteerd (*C* in fig. 2 rechts), dat tijdens het snijden van de plaat langzaam boven de plaat verschuift dusdanig, dat de beitel langs een diameter van de plaat beweegt. In *fig. 4* is de geheele opstelling weergegeven. De bijzonderheden van het transport zijn in *fig. 5* te zien. Na het opleggen van de te snijden plaat op de draaischijf wordt de flens *F* midden op de plaat gezet en met een lange stelschroef op de as van de motor vastgetrokken. Een wormwiel op de as van de flens drijft via een rondsel de schroefas *W* aan. Deze is buiten de plaat nog eens gelagerd in een bronzen pen, die in een support geschroefd wordt, dat op de grondplaat van het toestel wordt bevestigd. Het support is in hoogte verstelbaar om de schroefas precies evenwijdig aan de te snijden plaat te kunnen stellen.

Is het snijden van de plaat voltooid, dan moet het brugje met de geluidschrijver weer naar het beginpunt van de groeven teruggebracht worden. Het brugje is hiervoor als volgt ingericht. Aan weerskanten bevat het twee bussen (het best te zien in fig. 2), die vrij over de schroefas glijden. Aan het verbindingsstuk der bussen wordt de geluidschrijver bevestigd. Tusschen de twee bussen is een halve moer gelagerd, die door een veer (*Q* in fig. 2) in de spoed van de schroefas wordt gedrukt, zoodat de schrijver wordt meegenomen. Door middel van een hefboompje kan men de moer van de as lichten, zoodat de schrijver dan vrij over de as bewogen kan worden.

De as van de flens *F* moet nauwkeurig loodrecht op de plaat staan om bij het draaien niet te slingeren. De flens rust derhalve niet onmiddellijk op de te snijden plaat, maar met drie aan de onderzijde aangebrachte steunpunten. Bevat de plaat een kleine oneffenheid, hetgeen vaak voorkomt, dan kan men door de flens iets te draaien steeds een stand vinden, waar de as van de flens nauwkeurig in het verlengde van de motoras valt.

Aan de flens is een krans van borsteltjes aangebracht, die de spaan meenemen, als men hem bij het begin van het snijden in hun buurt brengt. Deze voorzorgsmaatregel is, zooals boven reeds werd uiteengezet, alleen noodig bij het snijden der groeven van buiten naar binnen. Bij het snijden van binnen naar buiten behoeft op de spaan niet gelet te worden. Wil men deze methode van snijden toepassen, dan behoeft hiervoor alleen de schroefas *W* en de moer in het brugje te worden verwisseld.

Aandrijving van de plaat

Bij het snijden heeft de beitel de weerstand van het plaatmateriaal te overwinnen, waardoor een remmend koppel op de motor wordt uitgeoefend. De grootte van deze remming hangt af van de hoe-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Fig. 4. Het toestel tijdens het snijden. Aan de binnen- en buitenkant van de opgelegde plaat zijn reeds kleinere opnamen gemaakt. De spaan van de zoojuist gesneden groeven ziet men in een cirkel, iets kleiner dan de groef, op de plaat liggen (bij het normale werken laat men de spaan door de borsteltjes in het midden meenemen). Links de geluidopnemer voor de weergave. Rechts vooraan de schakelaar. Aan de omtrek van de draaischijf ziet men de verdeeling, die voor het controleeren van het toerental dient. Onder de draaitafel de veerend opgehangen motor.

veelheid spaan, die in ieder oogenblik gesneden moet worden en het is duidelijk, dat deze grooter is naarmate de groef sterker slingert, dwz. naarmate de te registreeren passage harder is. Het is een essentieele eisch, dat het varieerende koppel geen invloed mag hebben op het toerental van de motor, daar anders de toonhoogte van de weer te geven klanken in dezelfde mate op en neer gaat (het bekende, vooral bij pianomuziek zeer storende effect, dat wel als „janken" wordt aangeduid). De motor moet derhalve voldoende sterk zijn. Geeft men de draaischijf een groot traagheidsmoment, zoodat zij als vliegwiel kan fungeeren, dat de variaties van het remmend koppel al eenigszins opvangt, dan

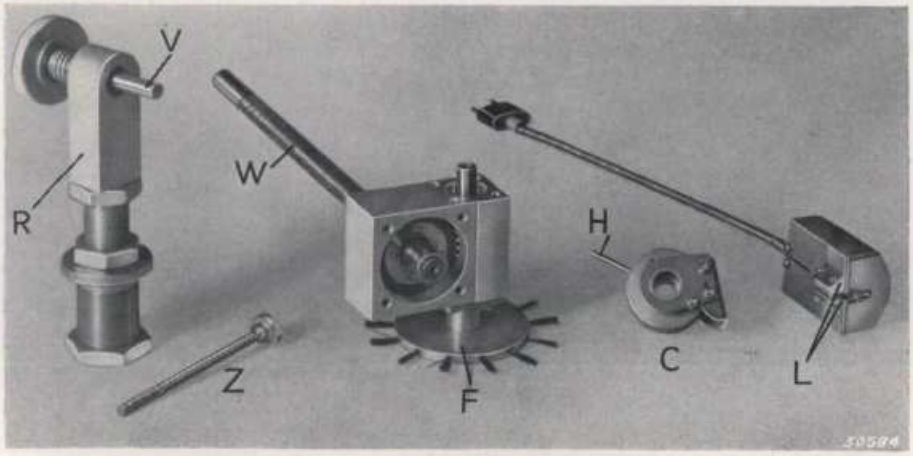


Fig. 5. Onderdeelen van de transportinrichting. *F* flens, die op de te snijden plaat wordt gezet; *Z* stelschroef; *W* schroefas, die via een wormwiel en rondsel (in het geopende huis zichtbaar) door de motoras wordt aangedreven. *C* brugje, dat de geluidschrijver (geheel rechts) draagt en met behulp van een halve moer (in de boring zichtbaar) door de schroefas *W* wordt getransporteerd. De moer wordt door een veer (*Q* in fig. 2) in de spoed van de as *W* gedrukt, kan echter met het hefboompje *H* opgelicht worden om de brug vrij over *W* te kunnen bewegen. *V* pen, die in het support *R* wordt geschroefd en het buitenste lager voor de as *W* vormt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

kan men volstaan met een motor met een koppel van 5000 gcm.

Bij de weergave van een plaat zijn de optredende krachten veel kleiner dan bij het snijden. Hier is dus een zwakke motor voldoende en heeft men geen vliegwiel noodig. De gebruikelijke gramofoonmotoren hebben dan ook slechts een koppel van ongeveer 800 gcm. Dit brengt mede, dat het snijden van behoorlijke platen met behulp van een gewone gramofoon ten eenenmale onmogelijk is.

Een verdere vereischte is, dat de motor geen trillingen op de draaischijf mag overbrengen, daar anders bij de geluidsregistratie deze trillingen mede op de plaat vastgelegd worden. De motoras is daarom via een tusschenstuk van rubber aan de as van de draaischijf gekoppeld. Om ook te voorkomen, dat eventueele trillingen van de motor op de grondplaat van het toestel en daarmee via de lagering op de draaischijf komen, is de motor onder tusschenvoeging van rubberringen aan de grondplaat opgehangen.

Teneinde het toerental van de motor te kunnen controleeren is aan de omtrek van de draaischijf een bepaalde verdeeling aangebracht. Bekijkt men deze in het licht van een met 100 per/sec gemoduleerde lichtbron (bijv. een gewone op het wisselstroomnet brandende gloeilamp), dan ziet men tengevolge van het stroboscopisch effect de schijf stilstaan, als de motor het juiste toerental (78 omw/min) heeft.

Op de draaitafel is nog een geluidopnemer aangebracht (fig. 4 links), zoodat de opgenomen plaat onmiddellijk kan worden afgespeeld.

Frequentiekarakteristiek van de geluidschrijver

Voor het snijden van gramofoonplaten is het gewenscht, dat de snelheidsamplitude ωa van de beitel onafhankelijk is van de frequentie ω van de stroom door de ankerspoeltjes [3]). Dit wordt verkregen door aan de schrijver voor alle frequenties een constante spanning toe te voeren. Volgens verg. (4) is nl. de amplitude a evenredig met ΔH, dus ook evenredig met de spoelstroom. De impedantie van de ankerspoeltjes wordt in hoofdzaak bepaald door hun zelfinductie; de stroom, dus ook a, is dan bij constante spanning evenredig met $1/\omega$.

Nu geldt de verg. (4) alleen zoolang de frequentie ω ver onder de eigenfrequentie ω_0 ligt. Laat men de frequentie groeien totdat zij in de buurt van ω_0 komt, dan neemt de uitslag sterk toe, er treedt resonantie op. Men moet dus zorgen, dat de eigenfrequentie van het anker voldoende hoog boven de hoogste weer te geven frequentie der geluidstrillingen ligt. Aan de andere kant echter moet, zooals wij gezien hebben, de eigenfrequentie laag zijn ten behoeve van de gevoeligheid (volgens formule (4) is de gevoeligheid omgekeerd evenredig met ω_0^2). Men moet dus een compromis vinden, waarbij zoowel de gevoeligheid als het verloop van de karakteristiek aan redelijke eischen voldoen.

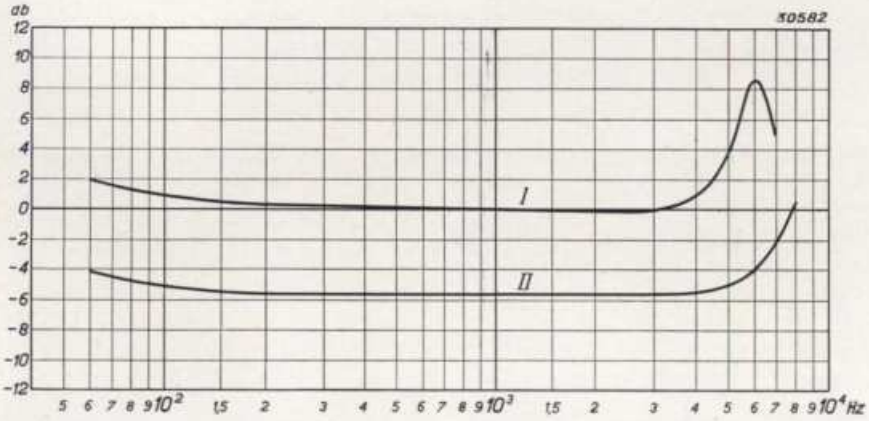


Fig. 6. Frequentiekarakteristieken van de geluidschrijver, opgenomen tijdens het snijden. De snelheidsamplitude ωa is uitgezet als functie van de frequentie $\nu = \omega/2\pi$. De kromme *I* geldt voor de gewone schrijver, de kromme *II* voor een speciale schrijver met kleinere gevoeligheid.

Bij het gebruik van het toestel door leeken is een eenvoudige apparatuur van belang. Gaat men er van uit, dat men als versterker voor de microfoonstroomen gebruik wil maken van een radio-ontvangtoestel, dan kan men, in verband met het beschikbare vermogen, de eigenfrequentie van het anker van de geluidschrijver bij ongeveer 6000 Hz leggen. Hiervoor is dan ook de geluidschrijver geconstrueerd. Bij het snijden in de plaat wordt ten-

[3]) Dit is gemotiveerd door overwegingen, die weergegeven zijn in het in noot [2]) aangehaalde artikel van Vermeulen op pag. 109 en 110.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

gevolge van de stijfheid van het platenmateriaal een extra stijfheid aan die van het anker toegevoegd, zoodat de eigenfrequentie in het gebruik nog ongeveer 10% hooger komt te liggen. Om de frequentiekarakteristiek zoo ver als mogelijk, tot zeer dicht bij de eigenfrequentie, vlak te doen loopen, zijn in de ankerspoeltjes koperen kernen aangebracht. De hierdoor veroorzaakte wervelstroomverliesweerstand neemt met ω^2 toe en begint juist bij die frequenties merkbaar te worden, waar de amplitude tengevolge van de resonantie zou beginnen geleidelijk op te loopen.

Op deze wijze is een frequentiekarakteristiek verkregen, die vlak verloopt in het gebied van 60 tot 4500 Hz. In *fig. 6* (kromme *I*) is de bij het snijden verkregen snelheidsamplitude ωa bij constante spanning als functie van de frequentie $\nu = \omega/2\pi$ weergegeven. Zooals men ziet, zijn de afwijkingen van het vlakke verloop in het genoemde frequentiegebied kleiner dan 2 db, hetgeen voor het oor nog geheel onmerkbaar is.

Is het gebruiken van een extra versterker geen bezwaar, zoodat een grooter vermogen ter beschikking staat, dan kan de eigenfrequentie nog hooger gelegd worden. Dit is bijv. voor wetenschappelijke onderzoekingen gewenscht, waar zeer hooge eischen aan de weergavekwaliteit worden gesteld. Voor dit doel wordt een geluidschrijver vervaardigd met een eigenfrequentie van 8500 Hz. Aangezien ω_0 volgens verg. (3) toeneemt met toenemende stijfheid c van de inklemming van het anker, wordt de hoogere waarde van ω_0 eenvoudig verkregen door de torsiestaafjes T (fig. 3) iets hooger te maken. De frequentiekarakteristiek van deze schrijver is in fig. 6 als kromme *II* aangegeven; zij loopt vlak tusschen 50 en 6500 Hz. Daar de uitwijking van het anker volgens verg. (4) evenredig is met $1/\omega_0^2$, is hier voor eenzelfde uitslag een tweemaal zoo groote stroom door de ankerspoeltjes noodig als bij de eerst besproken schrijver.

Fig. 7 geeft de amplitude van het anker als functie van de stroomsterkte in de spoeltjes weer. De kromme is opgenomen bij 200 Hz, daar in het gebied

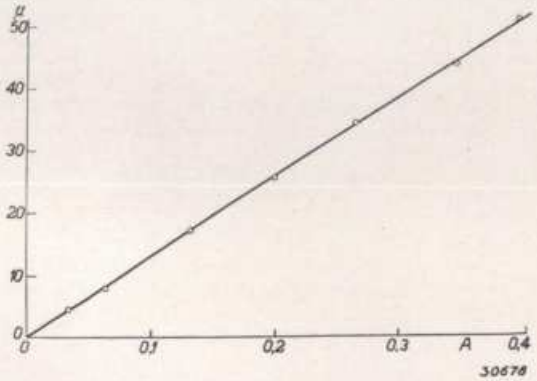


Fig. 7. Amplitude van het anker van de schrijver, als functie van de stroomsterkte in de ankerspoeltjes, opgenomen bij 200 Hz. Het verband is met bevredigende benadering lineair.

der lage frequenties de grootste kans op niet-lineaire vervorming bestaat. Hier treden nl. de grootste amplituden op. Uit de figuur blijkt, dat de amplitude behoorlijk lineair met de stroom verloopt.

Het gebruik van het apparaat

Zooals reeds gezegd, heeft bij de constructie van het apparaat de gedachte voorgezeten, dat een radiotoestel als versterker wordt gebruikt. Ontvangtoestellen met een triode of een tegengekoppelde penthode als eindlamp (de Philips-toestellen der laatste jaren behooren tot deze categorie) leveren een van de frequentie onafhankelijke uitgangsspanning, zooals voor ons geval vereischt is. De impedantie van de geluidschrijver (5 ohm bij 1000 Hz) is zoo gekozen, dat hij onmiddellijk op de extra-luidsprekerklemmen van de Philips-toestellen kan worden aangesloten. De benoodigde energie bedraagt ongeveer 0,6 W, hetgeen door een goed toestel met minder dan 5% vervorming geleverd kan worden.

De microfoon, die het te registreeren geluid opvangt, sluit men aan de klemmen van het radiotoestel, die voor aansluiting van een geluidopnemer bestemd zijn. *Fig. 8* toont de volledige opstelling. De voltmeter, die men in het midden ziet staan, is parallel aan de geluidschrijver geschakeld en dient voor de contrôle, of tijdens het snijden de toelaatbare amplitude (ongeveer 50 μ) niet overschreden wordt. Op de schaal is een markeering aangebracht voor de grootste geoorloofde uitslag. Het instrument reageert vlug genoeg om ook de pieken in het geluid nog aan te geven, die juist gevaarlijk zouden kunnen zijn.

De gewone gramofoonplaten zijn bij lage frequenties steeds met constante (in plaats van met $1/\omega$ toenemende) amplitude geregistreerd, om niet tot zeer groote amplituden en daarmee een groote noodzakelijke groefafstand te komen. De gebruikelijke geluidopnemers zijn aan dit verloop van de amplitude met de frequentie aangepast, en bij het snijden van platen dient men hiermee rekening te houden: zou men met overal constante snelheidsamplitude snijden, dan zou men bij de weergave met de gewone geluidopnemers een teveel aan lage tonen krijgen. Met het oog hierop is het aan te bevelen om de spraak-muziek-schakelaar van het als versterker gebruikte ontvangtoestel in de stand „spraak" te zetten. Hierdoor wordt de uitgangsspanning voor de lage frequenties, onder ongeveer 300 Hz, verzwakt.

Voor de beitels en platen zijn de gewone, in de handel verkrijgbare soorten geschikt. Met stalen

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

beitels kan men in het algemeen twee opnamen maken (dus de beide kanten van een plaat snijden). Saffieren beitels zijn pas na 20 of 30 opnamen versleten [4]). De platen bestaan meestal uit glas met een daarop aangebrachte dunne laag lak of gelatine. De schrijver is zoo uitgevoerd, dat hij de weerstand evenals die der gewone gramofoonplaten, in hooge mate er van af, hoe zij worden afgespeeld. Gebruikt men een goede electrische geluidopnemer, die licht is en waarbij de naald door zeer kleine krachten kan worden bewogen, dan kunnen lak- of gelatineplaten ongeveer 100 maal afgespeeld worden.

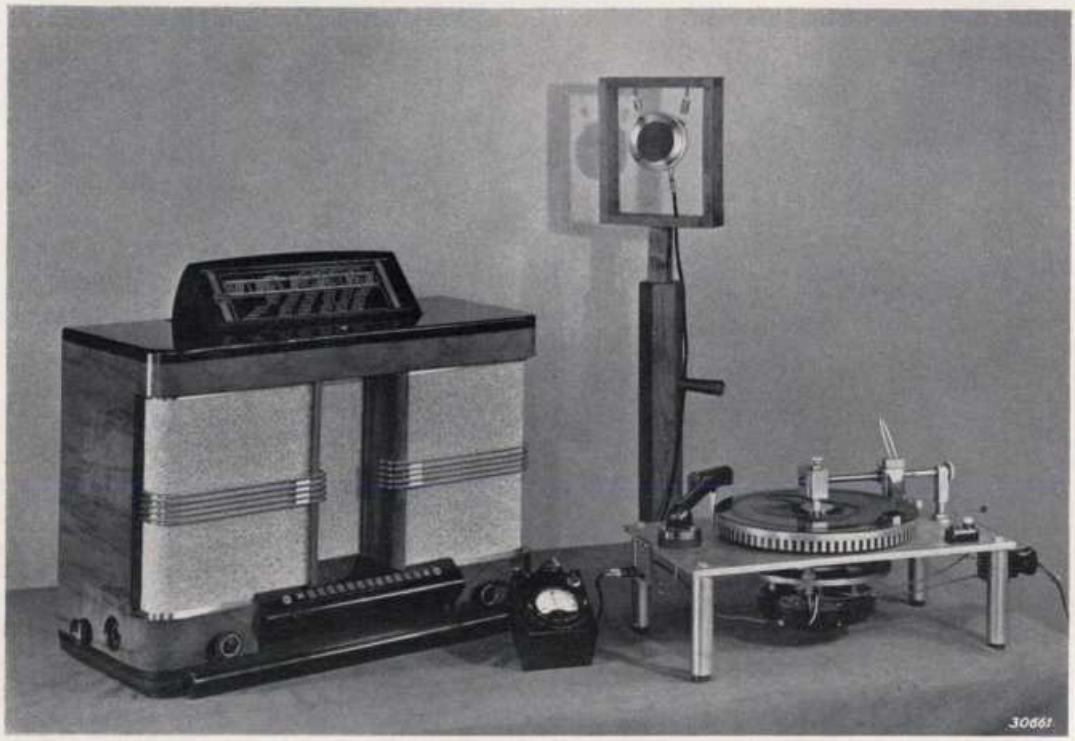


Fig. 8. Volledige opstelling voor het registreeren van geluid. Van links naar rechts: radio-ontvangtoestel, dat als versterker dient, voltmeter voor contrôle van de amplitude, draaitafel met geluidschrijver. In de achtergrond staat de koolmicrofoon.

van het zachtste platenmateriaal door zijn eigen gewicht kan overwinnen. Bij harder materiaal moet de schrijver nog naar behoefte door gewichtjes worden verzwaard.

De levensduur der gesneden platen hangt, Wanneer men een mechanische geluidopnemer, bijv. op een koffergramofoon, gebruikt, slijten de platen sneller tengevolge van de grootere vereischte krachten op de naald; de levensduur wordt dan tot ongeveer 30 maal afspelen beperkt. Wegens de grootere vereischte krachten is voor een eenigszins behoorlijke weergave bij de mechanische geluidopnemer ook een sterkere motor noodig.

[4]) Er worden ook wel beitels van diamant gebruikt, die nog langer meegaan, maar kostbaar en vrij bros zijn.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

EENIGE PROBLEMEN BIJ DE RÖNTGENDOORLICHTING

door B. van DIJK. 621.386.8

In dit artikel worden enkele problemen behandeld, die verband houden met de beveiliging tegen röntgenstralen en met de zichtbaarheid in het röntgenbeeld van bepaalde op te sporen afwijkingen. Beide problemen zijn naar voren gekomen bij de röntgenologische massadoorlichting, die in de Philips-bedrijven regelmatig wordt uitgevoerd ter opsporing van tuberculose-gevallen, doch kunnen ook op ander gebied van beteekenis zijn. In het bijzonder wordt ingegaan op de methoden van onderzoek, die ter beoordeeling van de stralenveiligheid en de zichtbaarheid van het doorlichtingsbeeld zijn uitgewerkt, terwijl daarna een aantal resultaten van het onderzoek zijn aangegeven.

Toen in 1932 met een systematische röntgendoorlichting van het personeel der Philips-fabrieken ten behoeve van vroegtijdige opsporing van tuberculose-gevallen werd begonnen [1]), bleken zich hierbij problemen van verschillende aard voor te doen, die belangrijk genoeg waren voor een nadere bestudeering. Twee van deze problemen, die ook bij andere toepassingen van röntgenstralen van belang zijn, zullen hier in het kort worden behandeld, nl. ten eerste de vraag, hoe men personen, die dagelijks met röntgenstralen omgaan, tegen de schadelijke werking van deze stralen kan beveiligen, ten tweede de vraag, hoe kleine afwijkingen (van het op te sporen karakter) in het altijd vrij lichtzwakke röntgenbeeld nog kunnen worden waargenomen.

Beide vragen zijn van een zeer samengestelde aard. De maatregelen ter beveiliging tegen röntgenstralen zullen bijv. voor een medicus geheel anders zijn dan voor personeel in een fabriek van röntgenbuizen. Wat de tweede vraag betreft, de zichtbaarheid van een afwijking zal in de eerste plaats afhangen van haar grootte en vorm en van het verschil in absorptie van röntgenstralen tusschen de afwijking en het gezonde weefsel. Maar bovendien heeft de ligging van de afwijking in het lichaam een groote invloed, bijv. omdat deze bepaalde eischen meebrengt voor de hardheid van de röntgenstralen, die men moet toepassen om ter plaatse van de afwijking het lichaam te kunnen doordringen.

Wij willen hier niet trachten om tot algemeene conclusies te komen omtrent de boven aangeduide problemen, maar in hoofdzaak ingaan op de methoden, die voor het onderzoek van deze problemen werden uitgewerkt.

Beveiliging tegen röntgenstralen

Een volkomen beveiliging tegen röntgenstralen is onmogelijk, omdat ieder materiaal een zeker percentage röntgenstralen doorlaat. Aan de andere kant is uit de ervaring gebleken, dat de mensch een zekere hoeveelheid straling zonder schade kan verdragen. De grootte van deze hoeveelheid, de zg. tolerantiedosis, hangt af van de tusschenpoozen waarmee de bestraling plaats vindt. Het is zaak, de beveiliging van den arts zoodanig uit te voeren, dat de hoeveelheid röntgenstralen, waardoor hij wordt getroffen, beneden de tolerantiedosis blijft. Daar het tuberculose-onderzoek in het Philips-bedrijf meestal neerkomt op het verrichten van 50 à 60 doorlichtingen per dag door denzelfden onderzoeker, was het voor ons de vraag, in hoeverre wij hiermede ongestraft konden doorgaan. Immers, hoewel de onderzoeker tegen de directe stralen buiten de nuttige stralenkegel is beveiligd door het metalen omhulsel van de buis en tegen de directe stralen in de nuttige stralenkegel alsmede tegen de meeste secundaire stralen door het loodglas van het scherm en bovendien door een afscherming van loodgummi, bestond toch nog de mogelijkheid, dat secundaire stralen lichaamsdeelen van den onderzoeker treffen, en bij een groot aantal doorlichtingen zouden deze secundaire stralen de tolerantiedosis kunnen overschrijden.

Om de ongewenschte röntgenstraling te meten, werd gebruik gemaakt van het feit, dat de zwarting van een bestraalde film bij een gegeven wijze van ontwikkelen een maat is voor de grootte van de röntgendosis. De zwarting, die door een gegeven dosis röntgenstralen wordt veroorzaakt, is nog afhankelijk van de hardheid; door zachte röntgenstralen wordt een film sterker gezwart dan door dezelfde dosis harde stralen. Daar de secundaire stralen, die bij het doorlichten optreden, altijd zacht zijn, is de fotografische methode in dit geval dus zeer gevoelig.

Voor ons doel kwam het er speciaal op aan, om de stralendosis op de meest geëxponeerde lichaamsdeelen van de onderzoeker, nl. de handen, te meten. Hiertoe werden op een paar dunne katoenen handschoenen enkele lichtdicht verpakte filmstrookjes bevestigd en de zwarting hiervan na 200 à 300 doorlichtingen bepaald. Deze bleek in verschillende proefreeksen en bij verschillende artsen gemiddeld

[1]) Zie J. G. A. van Weel, Philips techn. T. 1, 339, 1936.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

0,02 à 0,03 r te bedragen [2]). De toppen van de vingers bleken door de grootste dosis te zijn getroffen. Van hier nam de dosis naar de hand toe af.

Wij kunnen uit deze resultaten concludeeren, dat het tuberculose-onderzoek volgens de door ons toegepaste methode gevaarloos is voor den onderzoekenden arts. De dagelijksche dosis bij 60 doorlichtingen zou naar het bovenstaande 0,006 r bedragen, terwijl 0,2 r per dag als toelaatbare dosis wordt aangegeven [3]). Deze tolerantiedosis kan bovendien als een minimale waarde worden beschouwd; er zijn gevallen bekend, waarbij meer dan het tienvoudige van deze dosis jarenlang zonder schade werd verdragen.

Met behulp van de bovenbeschreven methode, die door Bouwers en van der Tuuk in dit laboratorium is uitgewerkt [4]), werd na het onderzoek van de artsen ook nagegaan, of er in bepaalde werkplaatsen van de Philips-fabrieken personen waren, die door hun werk aan een te sterke röntgenstraling waren blootgesteld. Hierbij kwamen inderdaad eenige merkwaardige „lekken" aan het licht.

Bijv. werd bij een controleur van röntgenbuizen een sterke zwarting van de voor het onderzoek gebruikte fotografische film verkregen, ondanks het feit, dat de te controleeren buis door dikke looden platen was afgeschermd. De oorzaak bleek te liggen in een andere buis, welke in dezelfde ruimte was opgesteld zoodanig, dat wel de man, die daarmede werkte, beschermd was, doch de eerstgenoemde controleur strooistralen kreeg. Met behulp van een looden scherm kon deze toestand afdoende worden verbeterd.

Een tweede geval betrof een werkplaats, waar condensatoren ter contrôle met behulp van röntgenstralen worden doorgelicht. De condensator wordt op een klein tafeltje gezet en daarna door gebruik van een pedaal omhoog gebracht voor het venster van de röntgenbuis, die continu in bedrijf was. Het bleek, dat tijdens het opzetten en wegnemen van de condensatoren de handen te sterk werden bestraald. Verbetering werd bereikt, door de buis tijdens deze perioden met behulp van de pedaalbeweging te doen in- en uitschakelen, waardoor tevens de buis werd gespaard.

Uit deze gevallen blijkt, dat een regelmatige contrôle van de dagelijks ontvangen stralendosis in het belang is van de werknemers van fabrieken en laboratoria, waar met röntgenstralen wordt gewerkt.

De waarneming van kleine objecten bij de doorlichting

Om tot een juiste conclusie te komen omtrent de betrouwbaarheid van de röntgendoorlichting als middel tot het opsporen van tuberculose, is het noodzakelijk, dat men over een methode beschikt, die het mogelijk maakt de eigenschappen van het doorlichtingsbeeld op objectieve grondslag te meten. Vele meeningsverschillen, welke in de literatuur over de bruikbaarheid van de röntgendoorlichting voor het röntgenologische onderzoek bestaan, zijn zeker voor een deel te wijten aan het feit, dat de eene onderzoeker bij de helderheden, waarmede bij de longdoorlichting gewerkt wordt, veel meer kan onderscheiden dan de andere, hetgeen toe te schrijven is aan verschillen in de adaptatie van het schemerzintuig en in de pupilgrootte. Voor een ander deel zullen ze te wijten zijn aan de gebruikte apparatuur. Voor een objectieve beoordeeling van de kwaliteit van het doorlichtingsbeeld is nu door Burger en van Dijk [5]) een methode uitgewerkt, die wij thans nader willen bespreken. Aangezien de tuberculose-contrôle in de Philipsbedrijven het uitgangspunt vormde voor dit onderzoek, werd speciaal getracht de omstandigheden na te bootsen, die zich voordoen bij het doorlichten van de borstorganen.

Met behulp van negen „Philite"-platen van 0,8 × 20 × 20 cm werd getracht een lichaam te construeeren dat, zoowel wat zijn absorptie als wat zijn secundaire röntgenstraling betreft, zoo goed mogelijk overeenkomt met de borstkas van de mensch. Daarna werden op een van de platen contrasteerende objecten, eveneens van „Philite", geplakt van verschillende vorm en grootte en verschillende dikte (dus verschillend contrast), en er werd nagegaan, onder welke voorwaarden de objecten op het röntgenscherm konden worden herkend. De opstelling is in *fig. 1* weergegeven.

Als voorbeeld van de resultaten, die met behulp van deze opstelling zijn verkregen, is in *fig. 2* de lengte, die de zijde van een vierkant plaatje van „Philite" moet hebben, om juist zichtbaar te zijn, uitgezet als functie van zijn dikte, dus als functie van het contrast, dat door het plaatje wordt veroorzaakt. Het blijkt, dat onder de hier gegeven omstandigheden (spanning aan de röntgenbuis

[2]) Het bestraalde object heeft de eenheid van de röntgendosis, 1 r, ontvangen, wanneer in 1 cm³ water ter plaatse van het bestraalde object een energie van 100 erg zou zijn geabsorbeerd.

[3]) A. Mutscheller, Amer. J. Roentgenol. **13**, 65, 1925.

[4]) A. Bouwers en J. H. van der Tuuk, Fortschr. Röntgenstr. **41**, 767, 1930, zie ook C. H. J. Küthe, T. soc. Geneesk. Juni 1936.

[5]) B. van Dijk, Over de grondslagen en voorwaarden van optimale röntgendoorlichting. Diss. Utrecht 1936. G. C. E. Burger en B. van Dijk, Fortschr. Röntgenstr. **54**, 492, 1936, **55**, 464, 1937; **58**, 382, 1938.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

54 kV_{max}, stroomsterkte 3,5 mA) het object een dikte van tenminste 1,5 mm moet hebben om waarneembaar te zijn. Bij toenemende dikte kunnen steeds

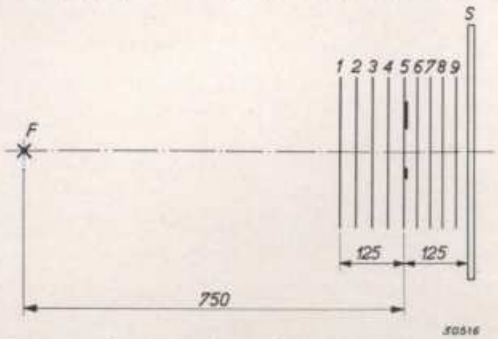


Fig. 1. Fantoom, dat, wat absorptie en strooiing van röntgenstralen betreft, overeenkomt met de borst van de mensch. *1 - 4* en *6 - 9*: „Philite"-platen, *5*: plaat met proefobjecten, *S* scherm, *F* focus van de röntgenbuis. De afmetingen zijn in mm aangegeven.

kleinere proefobjecten worden waargenomen; het kleinste waarneembare proefobject heeft een zijde van ongeveer 2 mm.

De proeven werden gedaan met contrasteerende objecten van zeer uiteenloopende aard: letters uit „Philite"; bolvormige objecten en tenslotte ronde gaten in een „Philite"-plaat, omdat deze laatste het meest gemakkelijk met groote nauwkeurigheid en in groote verscheidenheid konden worden vervaardigd.

Door vergelijkende waarnemingen werd vastgesteld, dat een bol met een diameter *d* even goed zichtbaar is als een kubus met ribbe 0,8 *d*; dezelfde verhouding bestaat binnen de nauwkeurigheid der waarnemingen tusschen een cylindervormig gat en een vierkant voorwerp met een hoogte gelijk aan de diepte van het gat.

Op grond van dit resultaat was het toelaatbaar, de verdere waarnemingen uitsluitend uit te voeren met behulp van ronde gaatjes in een „Philite"-plaat, hetgeen een aanzienlijke vereenvoudiging beteekende. Als een verdere vereenvoudiging is het

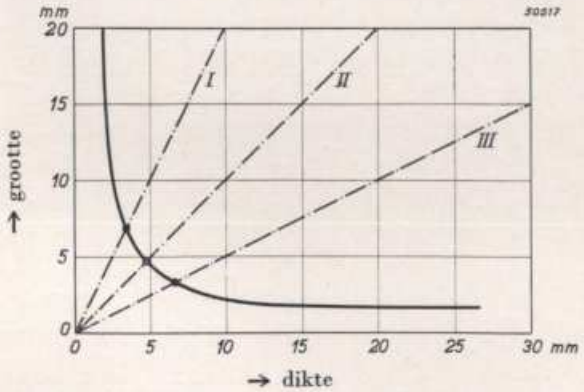


Fig. 2. Zijde van het kleinste zichtbare object als functie van zijn dikte bij gebruik van een röntgenbuis met een gelijkspanning van 54 kV_{max} en een stroomsterkte van 3,5 mA. Op de lijnen *I*, *II*, *III* bedraagt de verhouding van dikte tot zijde 2 resp. 1 resp. 0,5.

mogelijk gebleken, de „Philite"-platen, welke de absorptie en secundaire straling van de borst moeten nabootsen, te vereenigen tot twee blokken van 3,5 cm dikte voor en achter het proefobject.

In uitbreiding van de reeds beschreven proeven, waarin onderzocht werd, hoe de zichtbaarheid van vierkante objecten van de dikte afhangt (fig. 2), werd nu nagegaan, hoe deze zichtbaarheid met de stroomsterkte verandert. Men zou dit kunnen doen voor de geheele kromme, door voor iedere stroomsterkte opnieuw te bepalen, hoe de zijde van het kleinste zichtbare object als functie van zijn dikte verloopt. Dit verloop blijkt echter voldoende duidelijk gekarakteriseerd te worden door drie punten van iedere kromme, welke overeenkomen met drie bepaalde geometrische vormen van het object.

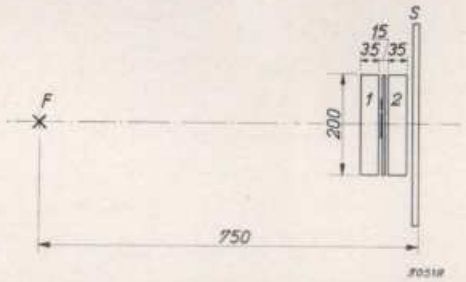


Fig. 3. Vereenvoudigde opstelling ter onderzoeking van de zichtbaarheid van het röntgenbeeld. *1* en *2* „Philite"-blokken, *S* scherm, *F* focus van de röntgenbuis. (Afmetingen in mm.).

In fig. 2 zijn behalve de kromme drie rechte lijnen *I*, *II*, *III* getrokken. De punten, die op lijn *I* liggen, duiden objecten aan met een dikte gelijk aan tweemaal de zijde, dus zuilvormige objecten; de objecten op lijn *II* zijn kubusvormig (dikte gelijk aan zijde); de objecten op lijn *III* zijn plaatvormig (dikte gelijk aan de helft van de zijde).

In verschillende „Philite"-platen van 1 tot 6 mm dikte werd een groot aantal gaten geboord, waarvan de zichtbaarheid in het doorlichtingsbeeld overeenstemde met die van vierkante objecten van de drie bovengenoemde typen:

I zuilen 1 : 1 : 2,
II kubussen 1 : 1 : 1,
III plaatjes 2 : 2 : 1.

De zichtbaarheid van deze objecten werd nu als functie van de stroomsterkte onderzocht. De resultaten zijn in *fig. 4* weergegeven, waarin de dikte van het kleinste zichtbare voorwerp van het type *I*, *II*, *III* is uitgezet als functie van de stroomsterkte.

Gebruik makende van deze en andere resultaten werd nu getracht een overzicht te krijgen van de invloed, welke verschillende factoren op de doorlichting hebben. Deze waren:

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

1) Adaptatie en desadaptatie

De proefpersonen werden eerst aan een constante helderheid geadapteerd en daarna werd het verloop van de donkeradaptatie nagegaan. Bij de verschillende proefpersonen varieerde de tijd, welke voor de donkeradaptatie noodig was, tusschen 16 en 24 minuten. (De adaptatie werd als afgeloopen beschouwd, wanneer een verder voortgezet ophouden in het donker van 6-8 minuten geen toename van de contrastgevoeligheid meer gaf.)

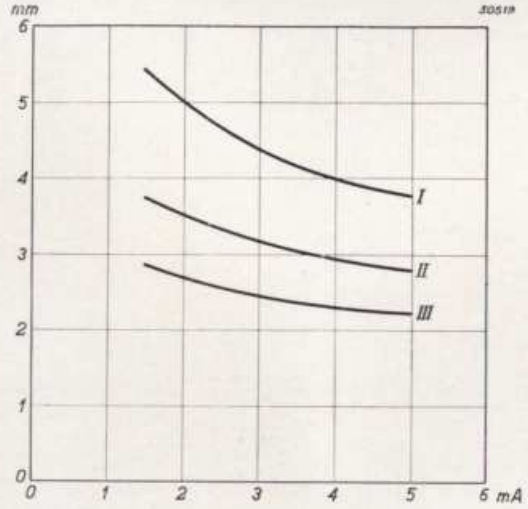


Fig. 4. Dikte van het kleinste zichtbare object, bestaande uit „Philite", als functie van de stroomsterkte.
I: zuilvormig object (1 : 1 : 2),
II: kubusvormig object (1 : 1 : 1),
III: plaatvormig object (2 : 2 : 1).

2) De helderheid van het doorlichtingsbeeld

De helderheid van het doorlichtingsbeeld kan binnen zekere grenzen worden vergroot door:

a) vergrooting van de stroomsterkte;
b) verhooging van de spanning;
c) vergrooting van het lichtrendement van het scherm.

a) Bij proeven over de invloed van de stroomsterkte op de zichtbaarheid van het doorlichtingsbeeld bleek, dat de stroomsterkte minstens 2 mA moet bedragen om bij een spanning van 54 kV een voldoend zichtbaar doorlichtingsbeeld te verkrijgen. Stelt men de kwaliteit van het doorlichtingsbeeld omgekeerd evenredig met de grootte van een kubusvormig object, dat juist waarneembaar is, dan blijkt, dat de kwaliteit van 1 tot 2 mA met 50% toeneemt, van 2 tot 3 mA met 14%, van 3 tot 4 mA met 9 %, van 4 tot 5 mA en van 5 tot 6 mA met 6%. De kwaliteit van het beeld wordt dus met toenemende stroomsterkte steeds beter, de verbetering is echter minder dan evenredig.

Meet men onder deze verschillende omstandigheden de stralendosis, welke de patient krijgt, dan blijkt, dat wat het gevaar voor den patient betreft, de toelaatbare grens, in het geval, dat de doorlichting gedurende jaren wekelijksch wordt herhaald, reeds bij een stroomsterkte van 3 à 4 mA wordt bereikt; bij één enkele doorlichting of herhaalde doorlichtingen met grootere tusschenpoozen mag men natuurlijk een grootere stroomsterkte toelaten.

b) Bij een vergrooting van de helderheid door verhooging van de spanning waren de voor verschillende proefpersonen vrij uiteenloopende resultaten minder gunstig dan bij eenzelfde vergrooting van de helderheid door vergrooting van de stroomsterkte. Bij een verhooging van de spanning worden nl. in het doorlichtingsbeeld, evenals in een röntgenfoto, meestal de helderheidsverhoudingen verminderd, waardoor de zichtbaarheid nadeelig wordt beïnvloed. Desniettegenstaande kan door verhoogen van de spanning een aanzienlijke verbetering van het doorlichtingsbeeld worden bereikt, daar de helderheid zelve met toenemende spanning zeer sterk oploopt.

c) Wat het lichtrendement van het scherm betreft: het scherm, dat bij een gegeven röntgenstraling de grootste helderheid heeft, geeft bij de gebruikelijke stroomsterkten en spanningen het beste resultaat.

3) De gezichtshoek bij het waarnemen van een object op het doorlichtingsbeeld

In het algemeen kan men verwachten, dat een klein object, hetwelk een bepaald contrast veroorzaakt, des te gemakkelijker herkenbaar is naarmate het onder een grootere gezichtshoek wordt gezien. De afstand, van waaruit het scherm werd bekeken, werd om deze reden zoo klein gehouden als in verband met de accomodatie van het oog mogelijk was, nl. 16 cm.

Pogingen werden gedaan om de gezichtshoek verder te vergrooten door het doorlichtingsbeeld met een loupe te bekijken of het object in de richting van het focus te verschuiven. Het resultaat was in beide gevallen, dat bij voldoend groote contrasten in het doorlichtingsbeeld wel een verbetering te bereiken was, bij kleine contrasten was het resultaat echter een achteruitgang van de zichtbaarheid. De oorzaak van deze achteruitgang is gelegen in een afname van de scherpte. De overgang tusschen helder en donker wordt met toenemende vergrooting minder scherp en daardoor in het geval van kleine contrasten moeilijker waar te nemen.

De invloed van de beeldscherpte op de zichtbaarheid werd ook afzonderlijk onderzocht door de beelden te vergelijken, die met verschillend groote foci werden verkregen. Het bleek, dat een röntgenbuis met een focus van 1,4 mm ca. 25% betere beelden gaf dan een buis met een focus van 3,8 mm.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

ONDERZOEK VAN SMELTVEILIGHEDEN MET DE KATHODESTRAAL-OSCILLOGRAAF

door J. A. M. van LIEMPT en J. A. de VRIEND. 621.316.923 : 621.317.755

Voor het onderzoek van smeltveiligheden is het bepalen van de smelttijd in afhankelijkheid van de kortsluitstroom van belang. Deze meting kan zeer gemakkelijk worden uitgevoerd met behulp van een kathodestraaloscillograaf. De hiervoor gebruikte meetopstelling wordt beschreven. Smelttijd en kortsluitstroom kunnen uit één oscillogram worden afgelezen.

De smelttijd van smeltveiligheden

Bij smeltveiligheden is het van belang, de tijd te kennen, die noodig is voor doorsmelten bij kortsluiting. Deze tijd moet immers voldoende kort zijn om te beletten, dat de kortsluitstroom nog vóór het smelten van de veiligheid reeds schade kan veroorzaken in de in serie met de veiligheid geschakelde apparaten of geleidingen. Met name geldt dit bij vertakking van het, met een hoofdsmeltveiligheid beveiligde net, indien elke tak op zijn beurt een hulpsmeltveiligheid bevat. Deze laatste heeft dan de taak om de hoofdsmeltveiligheid te sparen, zoodat bij kortsluiting in één tak van het net de andere takken ongestoord blijven. Een voorbeeld hiervan is het afzonderlijk beveiligen van bepaalde gebruiksvoorwerpen, zooals gloeilampen, om het doorsmelten van de huissmeltveiligheid tegen te gaan.

Het is duidelijk, dat de doorsmelttijd t_s van een veiligheid zal afhangen van de kortsluitstroom I_k. Is t_s voldoende klein om de afvoer van de ontwikkelde warmte te kunnen verwaarloozen — aan deze voorwaarde is voldaan, wanneer I_k eenige malen zoo groot is als de grensstroom, d.i. de maximale stroom, die de smeltveiligheid onbeperkt langen tijd verdragen kan — dan geldt voor smeltveiligheden, welke zich aanvankelijk op kamertemperatuur bevinden, de door G. J. Meyer [1]) afgeleide formule:

$$t_s = C \left(\frac{q}{I_k}\right)^2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Hierin is q de doorsnede van de smeltdraad en C de zg. absolute traagheidsconstante, die kenmerkend is voor het materiaal van de draad. Met behulp van deze formule kan men een smeltveiligheid voor een bepaald doel dimensionneeren. In *tabel I* is de waarde van de constante C, die hiervoor bekend moet zijn, voor een aantal materialen aangegeven.

Wil men de bruikbaarheid van de formule voor smeltveiligheden van een gegeven type toetsen of de constante C voor een gegeven materiaal bepalen, dan moet men t_s, I_k en q meten. Voor een gegeven type smeltveiligheid is q constant. Waar het dan om gaat, is het bepalen van bij elkaar behoorende waarden van I_k en t_s, waarbij het product $I_k^2\, t_s$ theoretisch constant moet zijn. Men noemt $I_k^2\, t_s$ de relatieve traagheidsconstante. Voor de gebruikelijke huissmeltveiligheden van 15 resp. 6 A heeft zij een waarde van omtrent 200 resp. 40 A^2 sec. Bij een kortsluitstroom van bijv. 50 A vindt dus het doorsmelten van de 15 A-veiligheid binnen ongeveer $^1/_{10}$ sec plaats, het doorsmelten van de 6 A-veiligheid in ongeveer $^1/_{50}$ sec.

Speciaal bij dunne smeltveiligheden en/of groote stroomsterkten kunnen de smelttijden dus zeer kort zijn. Aangezien het te gebruiken meetinstrument dan een voldoend kleine traagheid moet hebben, is hiervoor de kathodestraaloscillograaf bij uitstek geschikt. We willen deze metingen in het kort beschrijven [2]).

Tabel I

Absolute traagheidsconstante C voor enkele materialen.

Materiaal	$10^{-6} \cdot C$ (A^2 sec/cm^4)
Koper	1000
Zilver	720
Platina	235
Monel	150
Constantaan	135
Kruppin	80
Tin	45
Lood	40

Meetopstelling

Door met behulp van de kathodestraaloscillograaf de stroom I bij het doorsmelten van de smeltveiligheid als functie van de tijd t op te nemen, kan men I_k en t_s uit eenzelfde oscillogram bepalen.

[1]) G. J. Meyer, Zur Theorie der Abschmelzsicherungen, Verlag R. Oldenburg, München u. Berlin 1906, p. 36, en verder: Elektrische Kraftbetriebe und Bahnen 1911, Heft 7.

[2]) Voor een uitvoeriger behandeling zie J. A. M. van Liempt en J. A. de Vriend, Z. Physik **93**, 100, 1934; **98**, 133, 1935. Een theoretische berekening van de grensstroom is aangegeven in: J. A. M. van Liempt, Z. Physik **86**, 387, 1933.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

Het schakelschema van de meetopstelling is in *fig. 1* weergegeven. Bij Z wordt de te onderzoeken hulp- of hoofdsmeltveiligheid ingezet. De kortsluitstroom door de smeltveiligheid veroorzaakt een spanningsverval langs de weerstand R_1. Deze spanning wordt aan de platen voor verticale afbuiging van de kathodestraal toegevoerd (klemmen *5* en *7* van de Philips oscillograaf GM 3152; de versterker van de oscillograaf is uitgeschakeld). De kortsluitstroom wordt geleverd door een bij E aangesloten gelijkstroombron en kan worden ingesteld door de variabele weerstand R_2. Het inschakelen van de kortsluitstroom geschiedt door middel van het, uit het lichtnet bekrachtigde relais r_3. De weerstanden R_1 en R_2 zijn inductievrij gewikkeld, teneinde de smeltveiligheid onmiddellijk met de volle stroom te belasten.

een condensator C gelegd, die in de evenwichtstoestand geladen is door de op het net aangesloten gelijkrichter G. Wordt de laadkring onderbroken door het in werking stellen van het relais r_1, dan ontlaadt zich de condensator met constante snelheid over de diode D, en de spanning tusschen de afbuigplaten *1* en *2* daalt evenredig met de tijd. Door regeling van de gloeistroom van de diode (weerstand R_4) kan men de snelheid van de ontlading en daarmee de tijdschaal van het oscillogram wijzigen. Met behulp van de potentiometer P wordt aan de plaat *1* een instelbare positieve voorspanning

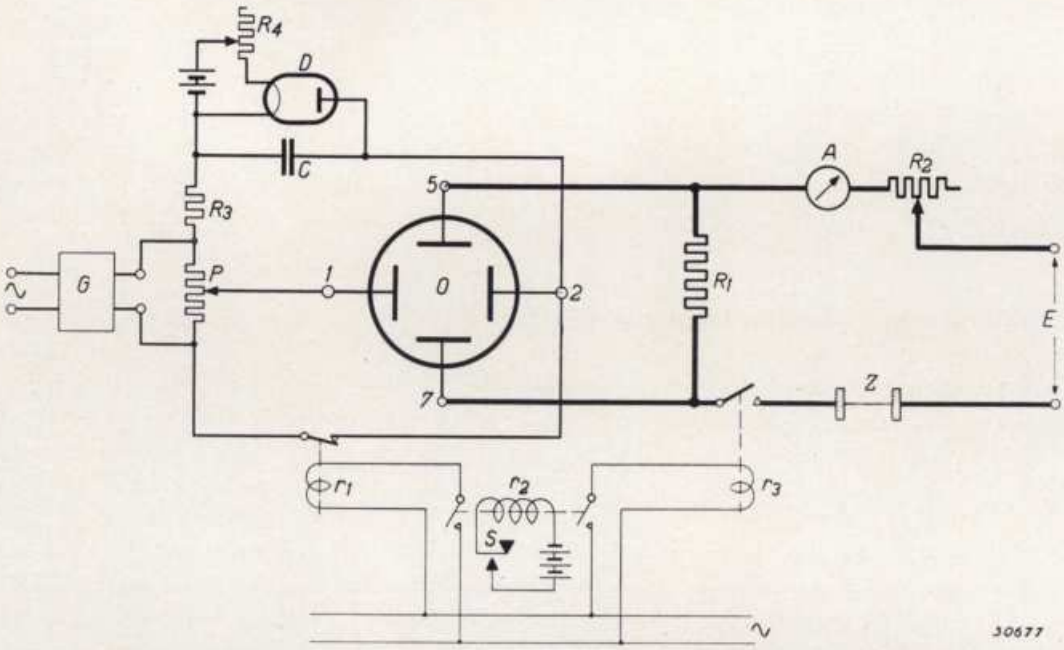


Fig. 1. Schakeling voor het meten van de smelttijd van smeltveiligheden als functie van de kortsluitstroom. — Het dik geteekende gedeelte der schakeling dient voor het verkrijgen van een met de kortsluitstroom evenredige spanning aan de platen voor verticale afbuiging van de kathodestraaloscillograaf O. Bij E wordt de bron voor de kortsluitstroom aangesloten, bij Z de te onderzoeken smeltveiligheid ingezet. R_1 en R_2 vaste resp. regelbare weerstand, A amperemeter, *5* en *7* klemmen van de oscillograaf GM 3152. — Door het linkergedeelte der schakeling wordt een horizontale afbuiging van de lichtvlek, evenredig met de tijd, verkregen. G gelijkrichter, C condensator, D diode met regelbare gloeistroom (regelweerstand R_4). De vaste weerstand R_3 dient voor het begrenzen van de laadstroom. P potentiometer, *1* en *2* klemmen van de oscillograaf. — Bij het neerdrukken van de drukknop S worden via het zwakstroomrelais r_2 de twee sterkstroomrelais r_1 en r_3 in werking gesteld, die de tijd-afbuiging van de lichtvlek en de kortsluitstroom door de smeltveiligheid inschakelen.

Om op het fluorescentiescherm van de kathodestraalbuis O de stroom als functie van de tijd zichtbaar te maken, moet men aan de lichtvlek nog een horizontale afbuiging evenredig met de tijd geven. Hiervoor is aan de platen voor horizontale afbuiging (klemmen *1* en *2* van de GM 3152; de eigen tijdbasis van de oscillograaf is natuurlijk uitgeschakeld) ten opzichte van plaat *2* gegeven. De zoo bewerkstelligde beginuitwijking van de lichtvlek maakt, dat de volle breedte van het scherm voor de meting beschikbaar is.

Vóór het scherm van de oscillograaf is een camera geplaatst. De ontspanner van de momentsluiter is, met behulp van een eenvoudige synchronisator, zooals ook door fotografen voor bliksemlichtopnamen gebezigd wordt, gekoppeld met de drukknop S. De meting komt nu tot stand door het indrukken van deze knop. Hierdoor wordt, tegelijk met het openen van de sluiter van de camera, het

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

zwakstroomrelais r_2 ingeschakeld, dat op zijn beurt de relais r_1 en r_3 inschakelt. De relais zijn zoodanig afgesteld, dat r_1 iets eerder aanspreekt dan r_3. Dus even nadat de lichtvlek op het scherm zijn horizontale beweging begonnen heeft, gaat de kortsluitstroom door de smeltveiligheid loopen en wordt op het scherm het stroom-tijd-diagram opgeteekend. De momentsluiter van de camera kan men bijv. op $^1/_2$ sec instellen.

Om de schaal van de stroomsterkte te ijken, maakt men op dezelfde plaat nog een dergelijk oscillogram, waarbij de smeltveiligheid is vervangen door een koperen strip. De hoogte van de nu op het scherm geteekende lijn beantwoordt aan de stroomsterkte, die men op de amperemeter A afleest. Voor het ijken van de tijdschaal voert men, bij dezelfde instelling van R_4, via een omschakelaar aan de klemmen 5 en 7 van de oscillograaf een kleine hulpwisselspanning uit het net toe. De periode van de opgeteekende sinus ($= {}^1/_{50}$ sec bij een netfrequentie van 50 per/sec) geeft een maat voor de tijd.

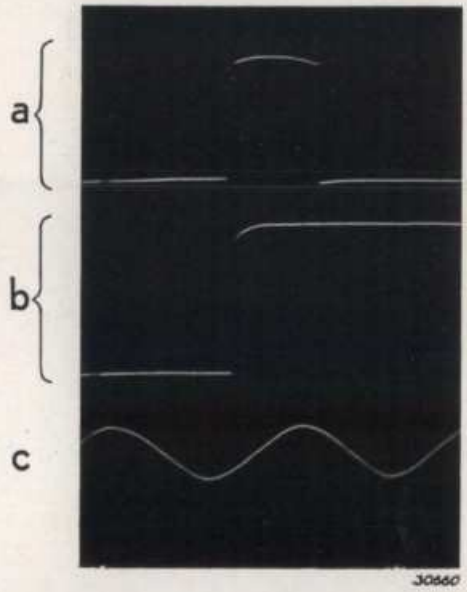


Fig. 2. a) Oscillogram, dat de kortsluitstroom als functie van de tijd weergeeft, opgenomen met gelijkstroom.
b) IJking van de stroomsterkte.
c) IJking van de tijd.

In *fig. 2* is een op deze wijze verkregen oscillogram van het doorsmelten weergegeven, benevens de twee bijbehoorende oscillogrammen voor de ijking.

Meting met wisselstroom

De vereischte groote kortsluitstroomsterkten voor de bovenbeschreven metingen zijn met wisselstroom, door middel van een transformator, veel gemakkelijker te verkrijgen dan met gelijkstroom. Daarom worden de metingen in de practijk meestal met wisselstroom uitgevoerd. Men mag dan echter niet zonder meer de voor constante stroomsterkte opgestelde formule (1) toepassen. In de plaats van de relatieve traagheidsconstante $I_k^2 t_s$ treedt de integraal

$$\int_0^{t_s} I^2 \, dt \, .$$

Uit het oscillogram, dat I als functie van t levert, is de waarde van de integraal met behulp van een eenvoudige formule te vinden, of bijv. ook rechtstreeks met behulp van een zg. momentenplanimeter te bepalen. In twee gevallen is het uitwerken van het oscillogram nog eenvoudiger, nl.

a) wanneer de smelttijd groot is ten opzichte van de periode van de wisselstroom; men kan dan weer formule (1) toepassen, mits men voor I_k de effectieve waarde van de wisselstroom neemt.
b) wanneer de smelttijd zoo kort is, dat de wisselspanning hierin als constant kan worden beschouwd; dit kan practisch alleen het geval zijn, als het inschakelmoment, dat men niet zonder meer in de hand heeft, in de buurt van een top van de sinuslijn ligt (voor I_k is dan de topwaarde van de wisselstroom in te vullen).

De ijking wordt bij het meten met wisselstroom iets vereenvoudigd, doordat men voor de ijking van de tijd geen afzonderlijk oscillogram noodig heeft, maar de tijdschaal reeds uit het oscillogram voor de ijking van de stroomsterkte kan aflezen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

HOOGSPANNINGSGENERATOR VOOR 1 MILLIOEN VOLT TEGEN AARDE, TIJDENS MONTAGE

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

1362: C. J. Dippel und J. H. de Boer: Der lamellare Bau von CaF_2-Schichten und die Cs- und J_2-Adsorption (Rec. Trav. chim. Pays Bas **57**, 1087-1096, Oct. 1938).

Door vergelijkende adsorptiemetingen van jodium en caesium aan overgedampte CaF_2-lagen kan men besluiten, dat de soms groote verandering van het schijnbare zoutoppervlak bij variatie van de gesublimeerde hoeveelheid CaF_2 en de sublimatiesnelheid niet veroorzaakt wordt door variatie van de dikte der primaire lamellen, maar door sintering. De gemiddelde dikte der lamellen bedraagt steeds ongeveer 6 à 7 moleculen. Hoe meer van het zout er echter wordt gesublimeerd en hoe langzamer dit geschiedt, des te meer worden deze primaire lamellen door een soort sintering aan elkaar gekit. Hierdoor wordt een gedeelte van het oppervlak voor jodiummoleculen ontoegankelijk. Bij adsorptie van caesium, waardoor deze sintering ongedaan kan worden gemaakt, komen er hoogstens drie atoomlagen boven elkaar te liggen.

1363: M. J. Druyvesteyn: The abnormal cathode fall of the glow discharge (Physica **5**, 875-881, Oct. 1938).

De theorie van von Engel en Steenbeck, volgens welke de karakteristiek van de abnormale kathodeval slechts wordt bepaald door de normale kathodeval en de daarbij behoorende stroomdichtheid, klopt niet met de waarnemingen door den schrijver verricht aan de edelgassen helium, neon, argon, krypton en xenon. Met een kathode van grafiet vertoont helium bij een grootere kathodeval een snellere stijging van de spanning van de kathodeval met toenemende stroomdichtheid, terwijl argon juist een langzamere stijging dan de theorie verlangt. De mogelijke oorzaken hiervan worden besproken.

1364*: R. Houwink und Ph. N. Heinze: Prüfung von Kunstharzen mit dem Plastometer (Kunststoffe **28**, 283-287, Nov. 1938).

Voor het bepalen van de kwaliteit van harsen, speciaal van hardende kunstharsen is het van groot belang de hardheid of het verweekingspunt te kennen en de snelheid van harden. In dit artikel worden eenige toestellen beschreven, die bestemd zijn voor het meten van deze eigenschappen, terwijl enkele hiermee verkregen resultaten worden besproken.

1365: C. J. Bakker and Balth. van der Pol: Report on spontaneous fluctuations of current and potential (C.R. Union Rad.-sci. int., Venise, **5**, 217-227, 1938).

In dit rapport voor het in 1938 te Venetië gehouden congres der Union Radio-scientifique internationale worden de oorzaken besproken van spontane variaties in stroom en spanning; nl. de warmtebeweging der electronen in de electrische stroomkringen en de onregelmatige overgang der electronen in een luchtledige buis. Van de oorzaken voor dit laatste worden nader behandeld: het hageleffect, de secundaire emissie en de verdeeling van de electrische stroom over de verschillende electroden.

1366*: F. Coeterier: Demonstratie van het principe van de infrarood-telescoop (Ned. T. Natuurk. **5**, 216-218, Sept. 1938).

1367: A. C. van Dorsten: Cascade-generatoren voor hooge gelijkspanningen (Ned. T. Natuurk. **5**, 218-220, Sept. 1938).

1368*: W. Elenbaas: Hooge druk kwikontladingen (Ned. T. Natuurk. **5**, 221-222, Sept. 1938).

1369*: P. H. J. A. Kleynen: Model voor het onderzoek van de electronenbeweging in tweedimensionale electrostatische velden (Ned. T. Natuurk. **5**, 222-224, Sept. 1938).

1370*: J. F. Schouten: Het gebruik van geluidsfilm als buigingsrooster voor licht (Ned. T. Natuurk. **5**, 224-228, Sept. 1938).

Deze vijf korte bijdragen geven een beschrijving van een reeks demonstraties, die voor een vergadering der Nederl. Natuurkundige Vereeniging op 18 Juni 1938 in het Philipslaboratorium gehouden werd. Wij kunnen voor **1367** verwijzen naar: Philips techn. T. **1**, 6, 1936 en **2**, 161, 1937, voor **1369*** naar Philips techn. T. **2**, 338, 1937 en voor **1370*** naar Philips techn. T. **3**, 303, 1938.

1371: A. Bouwers: Die Technik der Neutronenerzeugung und der Erzeugung künstlicher Radioaktivität (Strahlentherapie **63**, 537-544, Nov. 1938).

In dit samenvattende artikel wordt een overzicht gegeven van de verschillende methoden,

*) Van publicaties, gemerkt met een *, is geen voor verspreiding voldoend aantal overdrukken beschikbaar. Van de andere publicaties verstrekt de Administratie van het Natuurkundig Laboratorium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvraag gaarne overdrukken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 10/29/2023

volgens welke men neutronen kan produceeren (vgl. ook: Philips techn. T. **3**, 339, 1938), waarbij verschillende toestellen voor het versnellen van geladen deeltjes worden beschreven. Het opwekken van radio-activiteit door beschieten met neutronen wordt kort besproken evenals de maatregelen, die noodig zijn ter beveiliging tegen hoogspanning, röntgenstralen en neutronen.

1372: J. F. Schouten: The perception of subjective tones (Proc. kon. Ned. Akad. Wet. A'dam **41**, 1086-1093, Dec. 1938).

Wordt het menschelijk oor getroffen door een zuiver sinusvormige toon, dan kan men door niet-lineaire effecten in het oor behalve de grondtoon toch ook eenige boventonen hooren. Wordt het oor getroffen door een samengesteld geluid, waaraan de eigenlijke grondtoon is onttrokken, zoodat deze feitelijk slechts uit de boventonen bestaat, dan kan door de geluidsvervorming in het oor de grondtoon toch wel aanwezig zijn nl. als de verschiltoon der harmonischen. De schrijver heeft met kunstmatig voortgebracht geluid onderzocht, waardoor de toonshoogte, die men waarneemt, wordt bepaald. Dit geschiedt geenszins door de laagste toon, die voorkomt in de Fourierontwikkeling van het geluid, dat het oor treft, of dat door vervorming in het oor wordt opgewekt. Zelfs als in het oor de grondtoon beslist niet aanwezig is, dan wordt aan de klank toch een toonshoogte toegekend, welke de hoogte van de ontbrekende grondtoon heeft. Het heeft er allen schijn van, dat het oor inderdaad in staat is, waar te nemen, wat de fundamenteele periode van een samengesteld geluid is en op die wijze tot een gewaarwording der toonshoogte komt.

1373*: Balth. van der Pol: Oliver Heaviside (1850-1925) (Ned. T. Natuurk. **5**, 269-285, Nov. 1938).

In deze intreerede als bijzonder hoogleeraar aan de Technische Hoogeschool te Delft werd een overzicht gegeven van de beteekenis van de zooveel miskende Engelsche onderzoeker Heaviside voor de theoretische electriciteitsleer.

1374*: W. G. Burgers: Elektronoptiske Jagttagelser af Metaloverflader (Ingeniören **47**, E 119-121, Dec. 1938).

Dit artikel over electronen-optische waarneming van metaaloppervlakken werd geschreven naar aanleiding van een voordracht voor de Deensche Ingenieursvereeniging; vgl. ook: Philips techn. T. **1**, 313 en 321, 1936.

1375: H. Bruining: Secondary electron emission, part II. Absorption of secondary electrons (Physica **5**, 901-912, Dec. 1938).

Aangetoond wordt, dat de absorptie van secundaire electronen wellicht veroorzaakt, dat bij loodrecht invallende primaire electronen de secundaire emissie voor metalen met een groot atoomvolume lager is dan voor metalen met een klein atoomvolume. De absorptie kan indirect worden gemeten door de primaire electronen op het betreffende metaal te laten vallen onder een hoek, die grooter is dan 0°.

1376: H. Bruining: Secondary electron emission, part III. Secondary electron emission caused by bombardment with slow primary electrons (Physica **5**, 913-917, Dec. 1938).

Bij bombardeeren met zeer langzame electronen (van ongeveer 10 volt) leveren sterker electropositieve metalen, zooals barium, een grootere secundaire emissie van electronen dan metalen zooals zilver. De elastische terugkaatsingscoëfficient is voor barium kleiner dan voor zilver. Voor verbindingen van electropositieve elementen zijn de secundaire emissie en de terugkaatsing beide groot.

1377: W. Elenbaas: Temperaturschwankungen von wechselstromgeheizten Wolframfäden (Physica **5**, 929-937, Dec. 1938).

De temperatuur van een gloeidraad, die met wisselstroom wordt verhit, wordt berekend. Bij dezelfde effectieve spanning is de gemiddelde temperatuur bij wisselstroom iets lager dan met gelijkstroom; voor een draad van 10 μ dik is bij ongeveer 2500 °K het verschil ongeveer 4,5°. Het verschil in verdamping en lichtopbrengst voor dezelfde effectieve spanning met gelijk- en wisselstroom wordt berekend en vergeleken met het gemeten verschil in levensduur en lichtopbrengst. Teneinde de metingen onafhankelijk te maken van een verschil in de effectieve spanningen der gelijk- en wisselstroombron werden terzelfder tijd op dezelfde spanning als de lampen met draden van 10 μ dik tevens vergelijkingslampen met gloeidraden van 35 μ gebrand, die bij gelijke effectieve spanning practisch geen verschil vertoonen. De berekende en gemeten verschillen stemmen goed overeen en bedragen ongeveer 50-60% langere levensduur en 2-3% minder lichtopbrengst voor gelijkstroom bij een gloeidraad van 10 μ dik op een temperatuur van ongeveer 2500 °K.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!